

Année Universitaire : 2021-2022



Master Sciences et Techniques en Génie Industriel



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Pour l'Obtention du Diplôme de Master Sciences et Techniques

Optimisation de la ligne critique au sein de l'usine de SOFAFER par les méthodes d'amélioration

Lieu : SOFAFER Fès

Référence : 13 /22-MGI

Présentée par:

Mellouli Nour-El Houda

Soutenu Le 19 Juillet 2022 devant le jury composé de:

- **Mr. Fahd Kaghat (encadrant)**
- **Mr. Abderrahim Nidae (encadrant Société)**
- **Mr. Anas Chafi (examineur)**
- **Mr. Hamedi Lhabib (examineur)**

Dédicace

À l'aide de dieu, le clément, le Miséricordieux, la source de toute connaissance nous avons pu réaliser ce travail que nous dédions :

À mes très chers parents

Aucune expression aussi élaborée qu'elle soit, ne pourrait traduire mon amour et mes sentiments envers vous, que dieu vous garde, vous comble de santé, et vous accorde longue vie.

À tous mes professeurs

Qui m'ont soutenu tout au long de mon cursus. Je vous remercie sincèrement pour votre temps, vos efforts et votre patience.

À mon frère et mes sœurs

Que ce travail soit le témoignage d'une fraternité indéfectible et d'amour éternel, je vous souhaite le bonheur et la réussite dans votre vie.

À tous mes amis

Pour les bons moments qu'on a partagés ensemble
Je vous souhaite une vie pleine de joie et de réussite.

À tous ce qui nous aiment.

Qu'ils trouvent ici mon amour réciproque

Enfin, toutes les personnes que je connais et avec qui je change des sentiments de respect.

Remerciements

Avant tout, je remercie ALLAH tout puissant de m'avoir aidé et donner la patience, la volonté et la bonne santé pour accomplir ce modeste travail et mes études supérieures.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude et mes sincères remerciements à **Mr Abderrahim Nidaé** mon encadrant à la société SOFAFER pour son suivi, ses orientations et son soutien au cours de ce stage.

Mes remerciement les plus respectueux s'adressent également à **Mr. Fahd Kaghat** mon encadrant pédagogique, pour l'aide qu'il m'a fournie pendant la préparation de ce projet, ses conseils avisés et ses remarques pertinentes.

Je voudrais également exprimer mon ample gratitude envers **Mr. Mohammed Elhammoumi et Mr. Lhabib Hamedi**, professeurs à la faculté des sciences et techniques de Fès, pour l'honneur qu'ils m'ont fait en acceptant d'examiner ce travail et participer à ce jury.

Mes remerciements vont aussi à tout le corps professoral et administratif de la faculté des sciences et techniques de Fès, en particulier le département Génie Industriel pour ces années de formation enrichissantes.

J'adresse ma grande reconnaissance à tout le personnel de la société SOFAFER et en particulier le service maintenance et production qui s'est montré dès le premier jour accueillant, chaleureux et disponible.

Enfin, j'exprime mes profondes gratitudes envers tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

Sommaire

Introduction générale	1
<i>Chapitre 1 : Présentation de l'entreprise Sofafer et de son secteur d'activité</i>	
Introduction.....	2
1. Secteur de la métallurgie.....	2
1.1 Présentation de l'activité	2
1.2 Secteur de la métallurgie au Maroc.....	3
1.3 Chiffres clés du secteur	3
2. Présentation générale de l'entreprise.....	3
2.1 La société SOFAFER	3
2.2 Fiche signalétique.....	3
2.3 Vision stratégique de la société SOFAFER	4
2.4 Historique de SOFAFER.....	4
2.5 Organigramme de la société SOFAFER	5
2.6 Services de SOFAFER	7
3. Unités et processus de production.....	8
3.1 Matière première.....	8
3.2 Stockage de la matière première.....	8
3.3 Atelier de fabrication mécanique.....	9
3.4 Atelier de soudage.....	9
3.5 Ateliers de production	9
3.5.1 Production des feuillards	9
3.5.2 Production des feuillards perforés	10
3.5.3 Production des tubes.....	10
3.5.4 Production des profilés	11
3.5.5 Production des tôles	12
3.6 Stockage des produits	12
3.7 Livraison des produits	13
4. Processus de maintenance.....	13

Conclusion.....	13
-----------------	----

Chapitre 2: Définition et cadrage du projet d'optimisation de la ligne critique

Introduction.....	14
1. Charte du projet.....	14
1.1 Acteurs du projet.....	14
1.2 Problématique.....	14
1.3 Objectifs du projet.....	15
1.4 Contraintes du projet.....	15
2. Définitions des démarches et outils utilisés.....	15
2.1 Démarches d'amélioration.....	15
2.1.1 Lean Manufacturing.....	15
2.1.2 TPM.....	16
2.1.3 DMAIC.....	16
2.2 Méthode QQQQCP.....	18
2.3 Diagramme Pareto.....	18
2.4 Diagramme d'Ishikawa : 5M.....	19
2.5 Méthode AMDEC.....	19
2.6 La méthode 5S.....	20
2.7 Diagramme Spaghetti.....	22
Conclusion.....	22

Chapitre 3 : Analyse et mesure de TRS

Introduction.....	23
1. Diagramme Spaghetti.....	23
2. Temps d'arrêt des machines.....	23
3. Chute des machines.....	25
4. Identification de la ligne.....	27
4.1 Calcul de taux de disponibilité.....	27
4.2 Calcul de taux de qualité.....	29
4.3 Taux de rendement synthétique.....	29
5. Analyse des causes de criticité de la machine tube2.....	30

5.1 Diagramme Ishikawa de la machine tube2	30
5.2 Analyse des types d'arrêts de la machine tube2.....	30
5.3 Analyse Pareto des causes des pannes de la machine tube2.....	31
Conclusion.....	33

Chapitre 4 : Amélioration et contrôle de la ligne de production critique

Introduction	34
1. Etude AMDEC	34
1.1 Analyse fonctionnelle : diagramme Pieuvre	34
1.2 Décomposition structurelle de la machine tube2	35
1.3. Etude AMDEC des machines tubes	35
2. Classement des problèmes rencontrés	42
3. Plan de maintenance préventive.....	43
4. Application de la méthode 5S	44
4.1 Seiri : débarrasser.....	45
4.2 Seiton : ranger.....	46
4.3 Seiso : nettoyer.....	47
4.4 Seikeitsu : standardiser.....	47
4.5 Shiketsu : être rigoureux	47
5. Mise en place des actions pour les 5S.....	48
6. Mise en place des actions pour l'automaintenance.....	49
Conclusion.....	49
Conclusion générale	50
Bibliographie.....	51
Annexes.....	52

Liste des figures

Figure 1 : SOFAFER Fès	2
Figure 2 : Fiche signalétique de l'entreprise	4
Figure 3 : Organigramme de SOFAFER.....	6
Figure 4 : Matière Première	8
Figure 5 : Stock de la matière première	8
Figure 6 : Atelier mécanique.....	9
Figure 7 : Atelier de tournage	9
Figure 8 : Enroulement des feuillards produit.....	10
Figure 9 : La machine presse.....	10
Figure 10 : Processus de fabrication des tubes.....	11
Figure 11 : Produits fabriqués par les machines tubes	11
Figure 12 : Produits fabriqués par les machines profilés	12
Figure 13 : Produits fabriqués par les machines tôles	12
Figure 14 : Déplacement des produits	12
Figure 15 : Stockage des Produits finis	12
Figure 16 : Démarche DMAIC.....	17
Figure 17 : Diagramme Ishikawa	19
Figure 18 : Diagramme d'automaintenance	22
Figure 19 : Diagramme spaghetti du parc machine.....	23
Figure 20 : Diagramme de temps d'arrêt de toutes les machines	25
Figure 21 : Diagramme de chute de toutes les machines	27
Figure 22 : Diagramme Ishikawa de la machine tube2.....	30
Figure 23 : Types d'arrêts de la machine tube2	31

Figure 24 : Extrait de la fiche historique des pannes de la machine tube2	32
Figure 25 : Diagramme Pareto des pannes de la machine tube 2.....	32
Figure 26 : Diagramme PIEUVRE	34
Figure 27 : La décomposition structurelle de la machine tube2	35
Figure 28 : Objets inutiles	45
Figure 29 : Chutes sur terre.....	45
Figure 30 : Dangers liées à l'eau et au chariot élévateur	46
Figure 31 : Objets et équipements n'importe où	46
Figure 32 : Saletés du sol et de poste de travail	47
Figure 33 : Stock rangé aléatoirement	47
Figure 34 : Affaires personnel n'importe où.....	48

Liste des Tableaux

Tableau 1 : Historique de l'entreprise SOFAFER	5
Tableau 2 : Processus de maintenance	13
Tableau 3 : QQQQCP.....	18
Tableau 4 : Temps d'arrêts des machines	24
Tableau 5 : Quantité de Produits défectueux par machine	26
Tableau 6 : Indicateur de performances du mois janvier	28
Tableau 7 : Indicateur de performances du mois février	28
Tableau 8 : Taux de disponibilité des machines tubes	29
Tableau 9 : Taux de qualité des machines tubes	29
Tableau 10 : Taux de rendement synthétique des machines tubes	29
Tableau 11 : Types d'arrêts de la machine tube2.....	31
Tableau 12 : Types des pannes de la machine tube2	32
Tableau 13 : Echelle de gravité d'AMDEC	36
Tableau 14 : Echelle de fréquence d'AMDEC.....	36
Tableau 15 : Echelle de détection d'AMDEC	36
Tableau 16 : Tableau AMDEC de la machine tube2 (1/5).....	37
Tableau 17 : Tableau AMDEC de la machine tube2 (2/5).....	38
Tableau 18 : Tableau AMDEC de la machine tube2 (3/5).....	49
Tableau 19 : Tableau AMDEC de la machine tube2 (4/5).....	40
Tableau 20 : Tableau AMDEC de la machine tube2 (5/5).....	41
Tableau 21 : La politique de la maintenance selon la valeur de la criticité	42
Tableau 22 : Classification des éléments de la machine tube2 selon leur criticité	42
Tableau 23 : Plan de maintenance préventif de la machine tube2	44
Tableau 24 : Liste des actions de la maintenance 1 ^{er} niveau de la machine tube2.....	49

Liste d'abréviation

IMME : Industries Métallurgiques, Mécaniques et Electromécaniques .

GAL : galvanisé.

LAF : laminé à froid.

LAC : laminé à chaud.

PPO : prélaqué.

DMAIC : Définir, Mesurer, Analyser, Innover, Contrôler.

QQOQCP : Qui, Quoi, Où, Quand, Comment, Pourquoi.

TD: taux de disponibilité.

TQ : taux de qualité.

TP : taux de performance

AMDEC : Analyse des modes de défaillances leurs effets et leur criticité.

5S : Seiri 'débarrasser', Seiton 'ranger', Seiso 'nettoyer', Seikeitsu 'standardiser', Shiketsu 'être rigoureux'.

Introduction générale

Pour assurer sa compétitivité, une entreprise se fixe toujours le défi de réaliser des produits de qualité irréprochable avec le meilleur coût possible.

Pour réaliser cet objectif dans un monde de concurrence il faut améliorer continuellement ses processus, par conséquent la sûreté de fonctionnement est un enjeu majeur pour assurer une compétitivité optimale de l'outil de production.

En fait, la sûreté de fonctionnement englobe des notions essentielles tel que : la fiabilité, la disponibilité, la maintenabilité et la sécurité de tout système industriel produisant des biens ou des services.

C'est dans ce cadre que s'inscrit notre projet de fin d'études effectué au sein de la société SOFAFER durant 4 mois. Ce projet avait pour objectif d'améliorer et d'optimiser la ligne critique parmi toutes les lignes de production au sein de l'usine de l'entreprise en se basant sur des méthodes d'amélioration et en suivant une démarche DMAIC d'amélioration continue, afin d'élaborer des plans d'action après une étude des types d'arrêts et des modes de défaillances, ainsi d'organiser la zone critique en éliminant le désordre, les mauvaises habitudes et en renforçant la notion de groupes autonomes.

Nous commençons notre étude par une présentation de l'entreprise SOFAFER, son secteur d'activité et son processus de production.

Le deuxième chapitre sera consacré au cadre du projet, sa méthodologie et ces outils. Nous commençons par préciser le contexte du projet et son intérêt. Nous abordons ensuite la première phase DMAIC à savoir 'Définir'.

Le troisième chapitre consacré aux phases 'Mesurer' et 'Analyser' de la démarche DMAIC, est un diagnostic de l'état existant qui est basé sur la mesure de TRS, après une collecte de données, et l'analyse des résultats obtenus.

Le quatrième chapitre consacré aux phases 'Innover' et 'Contrôler' de la démarche DMAIC, constitue la dernière partie de ce mémoire qui concerne l'amélioration et l'application des plans d'actions sur le terrain et sur la ligne critique identifiée après une étude AMDEC.

*Chapitre 1: Présentation de l'entreprise
SOFAFER et de son secteur d'activité*

Introduction

SOFAFER 'Société Fassi de Fer' est l'une des plus performantes entreprises marocaines de la production métallique, spécialisé depuis plus de 23 ans dans le négoce des produits métallurgiques. SOFAER évolue aujourd'hui, dans un environnement à forte concurrence en raison de la surcapacité de production de l'acier tant au niveau national qu'au niveau mondial.



Figure 1 : SOFAFER Fès

1. Secteur de la métallurgie

1.1 Présentation de l'activité

La métallurgie est la science des matériaux qui étudie les propriétés des métaux et leurs élaborations. Au Maroc le secteur de la métallurgie est caractérisé par une forte concentration et compte plus de 120 entreprises qui sont des petites et des moyennes entreprises. Le développement de la métallurgie a enregistré une croissance importante durant les années dernières.

1.2 Secteur de la métallurgie au Maroc

Le secteur des industries Métallurgiques, Mécaniques et Electromécaniques « IMME » constitue un maillon essentiel de la chaîne d'approvisionnement manufacturière, par son rôle de fournisseur et de sous-traitant pour de multiples marchés applicatifs (notamment BTP, énergie, transport, agriculture). A ce titre, les IMME ne peuvent que bénéficier du développement anticipé de ces marchés, portés par des stratégies d'envergure nationale. Au centre du dynamisme économique marocain, le secteur des IMME a acquis une place prépondérante dans le tissu industriel marocain. Outre son rôle stratégique de pourvoyeur de biens d'équipement à l'économie nationale et de leur maintenance, il contribue largement au renforcement de l'infrastructure industrielle du Maroc, comme pour tous les secteurs économiques. Et c'est dans ce contexte précisément que les opérateurs des IMME veulent s'adapter plus efficacement aux enjeux de l'industrie, produire de la valeur, créer des liens au-delà de leur environnement local et nouer des partenariats durables pour renforcer leur présence sur les marchés extérieurs.

1.3 Chiffres clés de secteur

Les Industries Mécaniques et Métallurgiques et Électromécaniques (IMME) pèsent **46.8 milliards** de chiffre d'affaires, **10.5 milliards** de valeur ajoutée, **7 milliards** d'exportations et génèrent **67600 emplois**.

2. Présentation générale de l'entreprise :

2.1 La société SOFAFER :

La Société Fassin de Fer « SOFAFER » est une entreprise industrielle et indépendante, LEADER dans le marché marocain, spécialisé dans la fabrication et la distribution d'une large gamme de produits métallurgiques de qualité et aux normes internationales répondant pratiquement à toutes les exigences du marché marocain.

2.2 Fiche signalétique :

Nous présentons ci-dessous la fiche signalétique de l'entreprise SOFAFER (voir figure 2) :

Nom de l'entreprise : SOFAFER
Statut Juridique : Société à responsabilité limitée : S.A.R.L
Activité : Production et distribution des produits métallurgiques
Date de création : 1996
Président Directeur Général : Monsieur Slaoui Abderrazak
Directeur général : Monsieur BOUTALEB ELOUAFI
Capital social : 45 millions de dirhams
Chiffre d'affaires : 382 millions de dirhams
Production : 40.000 Tonnes/an
Effectif : entre 100 et 200
Surface : 10.000 m ² dont 9000 m ² couvertes
Adresse : Q.I. Sidi Brahim, Avenue Ibn Haitam, rue Ibn Baja, B.P 5789 – Fès
Tél : +212 5 35 96 00 91
Fax : +212 5 35 96 00 71
E-mail : contact@sofafer.ma
Site web: www.sofafer.ma

Figure 2 : Fiche signalétique de l'entreprise

2.3 Vision stratégique de la société SOFAFER :

La société SOFAFER vise à consolider ses acquis historiques à travers :

- Le renforcement de sa structure organisationnelle et de gouvernance, en accordant une importance particulière à la communication ;
- Le développement de nouveaux marchés, notamment ceux des appels d'offre, des clients finaux, de l'agriculture et de l'export ;
- Le lancement de nouveaux produits ;
- La promotion de la qualité de ses produits et de ses services pour en faire un levier principal pour l'amélioration de sa compétitivité.

2.4 Historique de SOFAFER :

Le tableau suivant représente l'historique de la société SOFAFER (voir Tableau 1) :

Date	Evénement
1996	Démarrage de la 1 ^{ère} unité industrielle de SOFAFER.
2002	Ouverture d'une plateforme logistique à Casablanca
2003	Inauguration de SOFAFER Agence Casablanca
2012	Création d'une nouvelle unité industrielle de 10000 m ² à Sidi Brahim FES
2017	Intégration du système SAGE 100c au lieu d'EL AMINE
2018	Certification du Système de Management de la qualité référentiel ISO 9001 version 2015

Tableau 1 : Historique de l'entreprise SOFAFER

2.5 Organigramme de l'entreprise :

Nous présentons ci-dessous l'organigramme de l'entreprise SOFAFER (voir figure 3) :

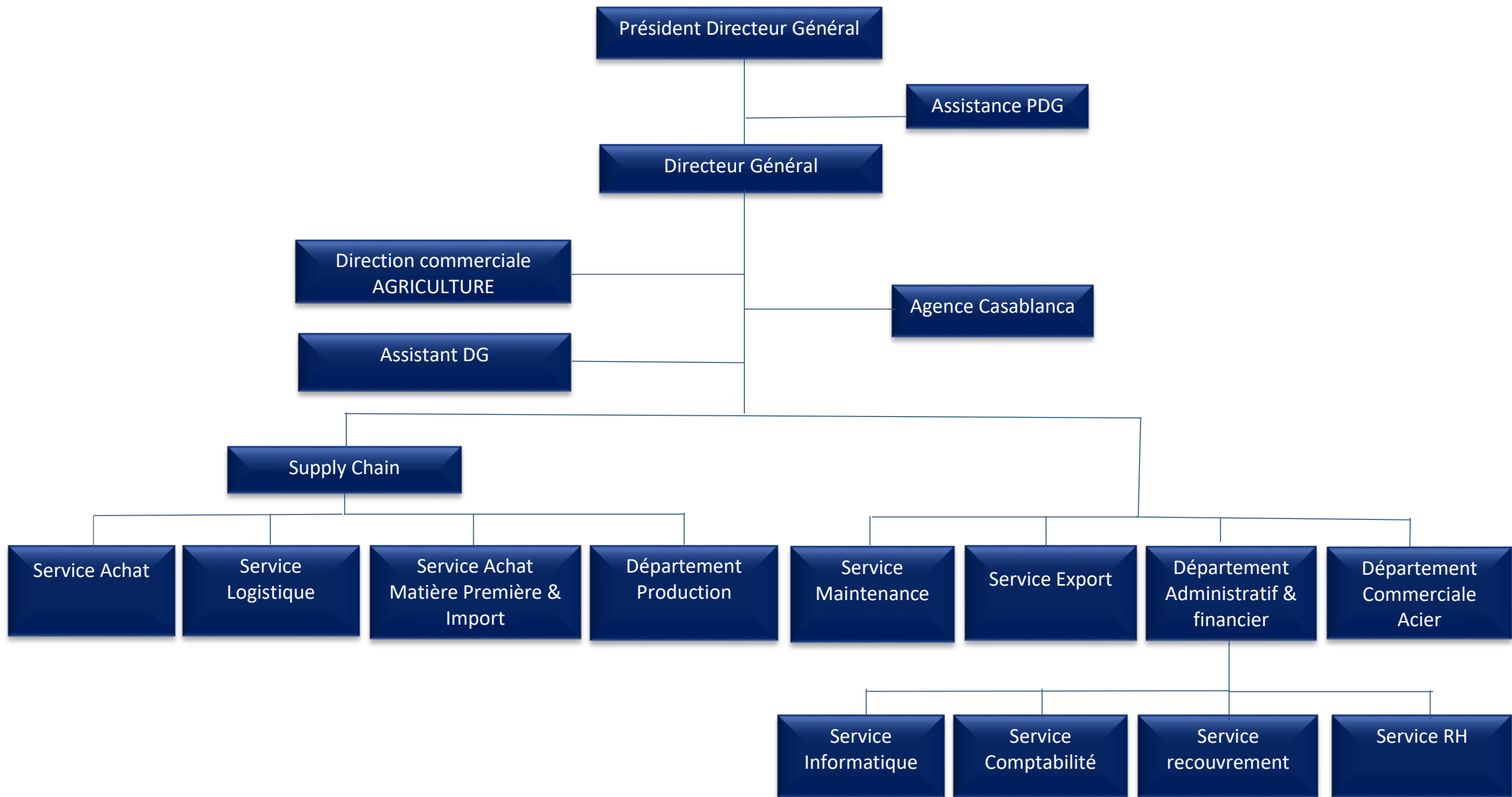


Figure 3 : Organigramme de SOFAFER.

2.6 Services de SOFAFER

Service logistique :

Afin d'établir une bonne relation avec ses clients basée sur la confiance et le respect des délais, SOFAFER offre à sa clientèle une logistique fiable prête à sillonner pour ses clients les endroits les plus lointains de tout le territoire national.

Service production :

Le service production, consiste en l'exploitation et au maintien en condition opérationnelle des services techniques et applicatifs.

Service ressources humaines :

Le service RH a pour mission d'assurer la communication interne, de recruter le personnel, d'assister et de conseiller l'encadrement au quotidien et d'accompagner le développement des compétences du personnel.

Service commerciale :

SOFAFER possède une équipe commerciale qualifiée et professionnel orientée vers l'écoute du marché et la détection des besoins, afin d'accompagner les commandes clients et faciliter les achats.

Service maintenance :

Responsable du bon fonctionnement des équipements, il est le garant de bon déroulement de la production, il s'occupe des réparations des pannes et des dysfonctionnements, des opérations préventives et de l'amélioration des performances.

Service comptabilité :

Ce service est constitué de trois départements distincts, un premier département responsable des fournisseurs et un deuxième département responsable des clients et un troisième département responsable de la trésorerie. Ces trois départements sont sous la supervision d'un chef comptable, ce service s'occupe de la gestion des factures, des bilans, et suivre les relations avec les clients.

3. Unités et processus de production :

3.1 Matière première :

Les quantités à commander de la matière sont déterminées en fonction :

- Des objectifs de commercialisation arrêtés par les départements commerciaux (acier & agriculture), qui dépendent à leur tour d'une part des besoins exprimés par la clientèle, et d'autre part de l'offre et la demande sur le marché,
- Du programme prévisionnel de production des produits finis arrêté par le département de production, Aussi en fonction des contraintes financières et de la capacité de stockage.

Il existe 4 types de bobines en acier (voir figure 4) :



Figure 4 : Matière première

3.2 Stockage de la matière première :

Les matières premières sont stockées en deux étapes :

- Tous les achats de l'entreprise, qu'ils soient achetés localement ou importés, sont acheminés directement vers la plateforme logistique de Casablanca pour le stockage.
- Si nécessaire, l'entreprise transfère la quantité requise de matières premières de la plateforme logistique à l'usine de Fès (voir figure 5).



Figure 5 : Stock de la matière première

3.3 Atelier de fabrication mécanique

Cet atelier comprend toutes les opérations de tournage, fraisage et perçage. Il s'occupe aussi de la réparation des galets, des engrenages, des axes et de l'amélioration de certaines pièces usées...



Figure 6 : Atelier mécanique



Figure 7 : Atelier de tournage

3.4 Atelier de soudage

Cet atelier est animé par un expert en soudage. Son travail est avant tout constitué de tout ce qui est composé de deux ou plusieurs parties collées entre elles, et travaille à améliorer la condition des dégradés et bien d'autres...

3.5 Ateliers de production

Et afin de satisfaire tous les besoins de ces clients, SOFAFER dispose d'un parc machine constitués de :

- ❖ 2 Machines refendeuses
- ❖ 3 Machines tubes
- ❖ 5 Machines tôles
- ❖ 6 Machines profilés
- ❖ Et une machine presse

Chaque machine est réservée pour chaque type de produit, à savoir :

3.5.1 Production des feuillards

Deux machines refendeuses sont dédiées pour la production des feuillards, le travail effectué par ces refendeuses est la découpe des bobines qui peuvent être de matières différentes comme on a

déjà cité (GAL, LAC, LAF, PPO), en feuilards selon les dimensions désirées. Ces feuilards sont des produits semi finis. Soit ils sont destinés pour produire les tubes et les profilés qui sont des produits finis, soit ils sont vendus directement sur le marché.

➤ Le Refendage comporte quatre opérations principales successives :

- 1- Déroulement de la bobine à refendre ;
- 2- Refendage de la bobine par coupe dans le sens de la longueur;
- 3- Enroulements des feuilards produits (voir figure 8)
- 4- Stockage de feuilards et redistribution dans l'usine.



Figure 8 : Enroulement des feuilards produits

3.5.2 Production des feuilards perforés

Une seule machine est dédiée pour la production des feuilards perforés (La presse), cette machine réalise les trous sur les feuilards pour obtenir ce produit semi-finis, destiné pour produire des types de profilés perforés comme (Lames perforés, chemins de câbles...).



Figure 9 : La machine Presse.

3.5.3 Production des tubes :

SOFAFER dispose de 3 machines tubes pour assurer la production des différentes dimensions des tubes, ces machines permet d'obtenir des formes compliqués de tube comme les carrés et les

rectangulaires et les ronds à partir des feuillets, ces dimensions varient selon la demande du client, selon la nature du feuillet utilisé et selon la disponibilité des diamètres des galets. Le processus de fabrication des tubes est illustré sur la figure ci-dessous.

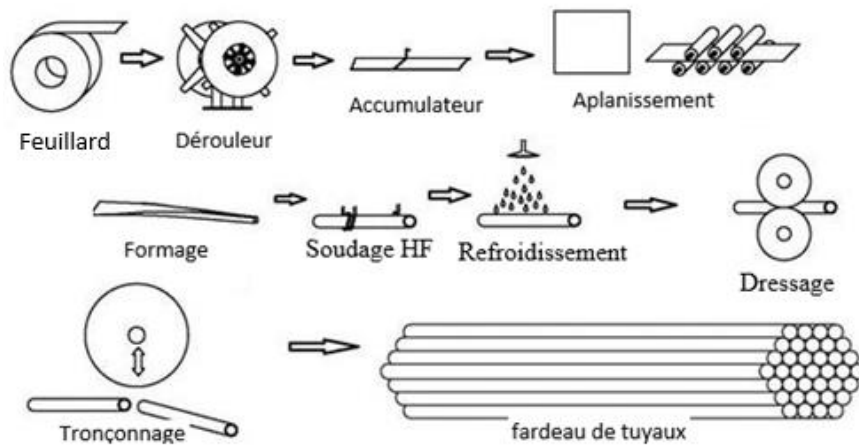


Figure 10 : Processus de fabrication des tubes

➤ **Produits :**

Les différents types de Tube de cette machine sont illustrés dans la figure ci-dessous :

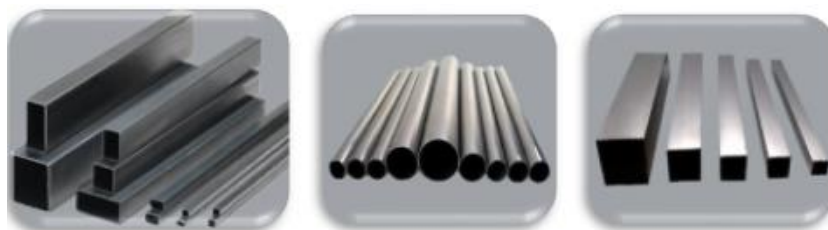


Figure 11 : Produits fabriqués par les machines tubes

3.5.4 Production des Profilés

Cinq Machines profilées sont dédiées pour la production des profilés, ces machines permettent la déformation continue par formage à froid à partir des feuillets pour obtenir une variété des profilés, selon la demande du client, selon la nature du feuillet utilisé et selon la disponibilité des diamètres des galets.

➤ **Produits :**

Les produits fabriqués par ces machines sont (voir Figure12):



Figure 12 : Produits fabriqués par les machines profilés

3.5.5 Production des tôles

SOFAFER dispose de 5 machines de tôles, chaque machine est spécialisée dans la fabrication d'un type de Tôle, cette dernière est une fine feuille de métal obtenue par laminage des bobines qui peuvent être de différent type (LAC, LAF, GAL, PPO). Dans la plupart du temps ces machines travaillent que sur commande.

Les produits fabriqués par la machine tôle sont les suivants (Ridelle, Nervesco, TOLADALA) :



Figure 13 : Produits fabriqués par les machines tôles

3.6 Stockage des produits

A la sortie de chaque machine, tous les produits obtenus sont acheminés vers le magasin pour être stockés avant leur livraison ou leur réaffectation aux machines pour les produits semi finis.



Figure 14 : Déplacement des produits



Figure 15 : Stockage des Produits finis

3.7 Livraison des produits

Finalement, SOFAFER s'attache à répondre aux besoins des clients en termes de livraison et de distribution, grâce à la flotte de camions et à l'équipe commerciale.

4. Processus de maintenance :

Le processus maintenance a pour finalité de maintenir les actifs de production de l'entreprise en bon état en réduisant les temps d'arrêt et en anticipant les dysfonctionnements.

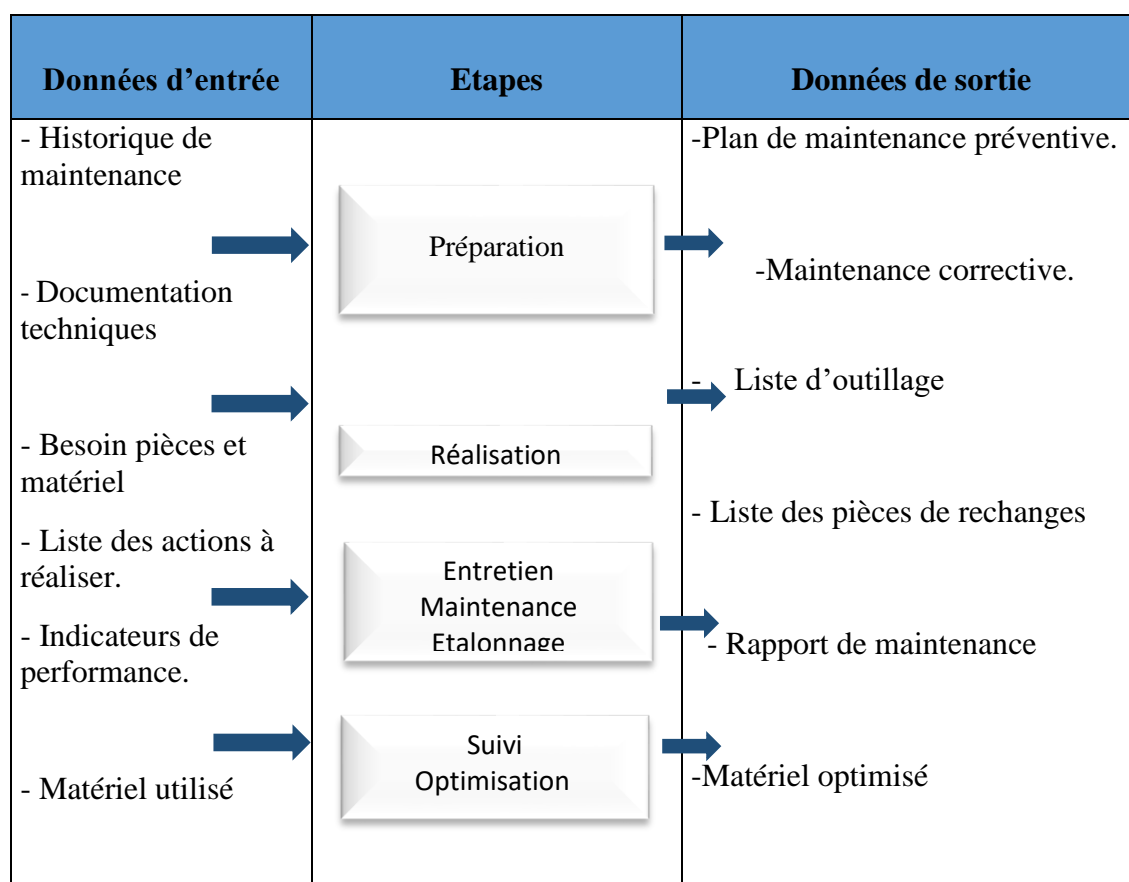


Tableau 2 : Processus de maintenance

Le tableau 2 montre les différentes étapes de processus maintenance qui nécessitent des données d'entrée et des données de sortie.

Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons présenté l'organisme d'accueil SOFAFER et son secteur d'activité.

*Chapitre 2 : Définition et cadrage du projet du
projet d'optimisation de la ligne critique*

Introduction :

Ce chapitre permet de fournir une vision claire du projet, d'expliquer son contexte, de définir les sujets à couvrir (étape 1 de DMAIC) et les objectifs à atteindre pour suggérer un calendrier des tâches à accomplir.

1. Charte du projet :

1.1 Acteurs du projet

- **Tuteur pédagogique :**

Suivi et encadrement de Professeur à la Faculté des Sciences et Techniques de Fès **Mr. FAHD KAGHAT.**

- **Maitre d'ouvrage :**

La société **SOFAFER** spécialisé dans la fabrication et la commercialisation de produits métallurgiques représentée par **Mr. NIDAE ABDRAHIM** responsable maintenance et encadrent professionnel.

- **Maître d'œuvre :**

La Faculté des Sciences et Techniques de Fès (FSTF), département Génie Industriel, cycle Master, représentée par l'étudiante **Mellouli Nour-El Houda.**

1.2 Problématique :

L'entreprise SOFAFER produit un grand nombre de famille de produits sur plusieurs lignes de production. Ceci qui met le service de production devant le challenge d'assurer une flexibilité efficace et efficiente de l'activité production tout en respectant les délais de livraison des commandes clients d'une part, et en créant de la valeur ajoutée pour l'entreprise d'une autre part. Cette flexibilité pousse l'entreprise à travailler continuellement sur l'amélioration de la performance de ses lignes de production, ce qui influence positivement sur leurs taux de rendements synthétiques.

En effet, la ligne tube est considérée comme la ligne la plus critique dans l'usine vu le nombre important des opérations de maintenance, qu'il faut réaliser pour garder le bon fonctionnement de l'installation, qui pénalise le taux de rendement synthétique.

Alors, comment peut-on impliquer l'ensemble du personnel de la ligne dans le maintien de la fiabilité des équipements et la lutte contre les problèmes dus à différentes pertes (date de livraison non respecté, désordre, panne...) qui cause l'arrêt de la ligne?

Notre projet s'inscrit dans la perspective de réduire ces faiblesses et d'optimiser et d'améliorer la productivité de cette ligne de production critique par les méthodes d'amélioration.

1.3 Objectifs du projet :

Notre projet a pour mission principale d'optimiser la ligne critique identifiée au sein de l'usine de SOFAFER par :

- Diminution des temps d'arrêts en élaborant des plans d'action après une étude des types d'arrêts et des modes de défaillances.
- Organisation de cette zone critique en éliminant le gaspillage et le désordre effectués par des mauvaises habitudes.
- Renforcer la notion de groupes autonomes.

1.4 Contraintes du projet :

Les contraintes sont des risques potentiels plus ou moins prévisibles qui peuvent affecter le résultat d'un projet. Après avoir analysé le scénario de ce dernier, nous avons pu prévoir tous les risques afin qu'il soit toujours réalisable et que les risques éventuels n'interfèrent pas avec l'avancement de notre projet. Ces risques sont les suivants :

- Durée de projet 4 mois insuffisante
- Manque d'historique et de documentation technique sur les machines
- Le travail final doit être rendu avant la date de soutenance
- Être autonome dans la réalisation d'un projet.

2. Définitions des démarches et outils utilisés :

2.1 Démarches d'amélioration :

2.1.1 Lean Manufacturing :

Le Lean est une démarche visant à identifier et éliminer tous les gaspillages (ou activités à non-valeur ajoutée) qui jalonnent la chaîne de valeur depuis l'expression du besoin client jusqu'à sa satisfaction, au travers d'une amélioration continue, en vue d'atteindre l'excellence industrielle.

Son objectif est ainsi d'optimiser la qualité, les coûts et les délais de livraison tout en impliquant le personnel par une démarche participative.

2.1.2 TPM :

La TPM (Total Productive Maintenance) est une philosophie de maintenance industrielle caractérisée particulièrement par l'automaintenance effectuée par les opérateurs de fabrication. Le niveau technique de l'atelier et la technicité des opérateurs doivent progresser ensemble pour pouvoir améliorer le rendement du couple homme-machine. [4]

Deux types d'activités principales que l'on doit mener parallèlement au sein d'une entreprise :

- Activités de maintenance :
 - Exploitation correcte de l'installation.
 - Maintenance préventif.
 - Maintenance curative.
- Activités d'amélioration :
 - Amélioration de la fiabilité.
 - Amélioration de la maintenabilité.
 - Prévention de la maintenance.

2.1.3 DMAIC :

DMAIC est une approche structurée de résolution de problème indissociablement lié à la méthode Six Sigma, elle est utilisée dans le cadre de notre projet. Elle suit un processus logique en 5 phases, qui prévoit une phase d'ajustement qui peut être activée à chaque niveau du déroulement pour remettre en cause la phase précédente, faisant appel à des outils statistiques et des techniques d'amélioration, appliqués sur les principes de gestion des projets pour améliorer la satisfaction des clients et atteindre des objectifs stratégiques ambitieux.[2]

➤ **Define (Définir) :**

La première étape de la démarche DMAIC est l'identification et la description de l'objet de l'étude, à savoir l'optimisation de la ligne critique au sein de l'usine de SOFAFER via les méthodes d'amélioration.

Cela inclura :

- La définition de la problématique et l'objectif du projet.
- La compréhension du processus et du principe de fonctionnement.

➤ **Measure (Mesurer) :**

Cette étape consiste à collecter les données permettant de mesurer objectivement la performance du processus en se basant sur la mesure des indicateurs de performance.

➤ **Analyze (Analyser) :**

Cette étape permet d'identifier les causes potentielles de la problématique et les sources d'améliorations : diagramme spaghetti, Pareto, Ishikawa...

➤ **Improve (Améliorer) :**

Cette étape consiste à mettre en place des solutions capables de résoudre le problème. Il s'agit de :

- Proposer des solutions en vue de répondre aux causes identifiées lors de la phase précédente en élaborant des plans d'actions.

➤ **Control (contrôler) :**

L'étape de contrôle consiste à définir les indicateurs permettant de mesurer les progrès réalisés à l'aide des actions d'amélioration.

La figure suivante représente les 5 phases de la démarche DMAIC :

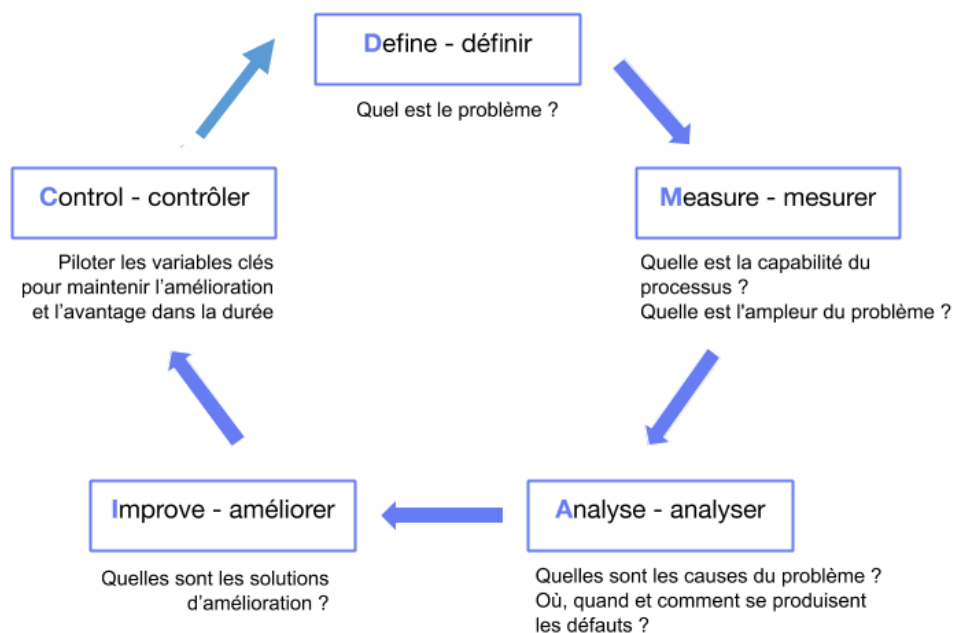


Figure 16 : Démarche DMAIC.

2.2 Méthode QQQCP :

La méthode QQQQCP permet d'avoir sur toutes les dimensions du problème, des informations élémentaires suffisantes pour identifier ses aspects essentiels. Cette méthode adopte une démarche d'analyse critique constructive basée sur le questionnaire systématique représenté dans le tableau suivant.

Qui ?	Qui est concerné par le problème ? -Service maintenance -Service production
Quoi ?	C'est quoi le problème ? -Amélioration de la ligne critique au sein de l'usine de SOFAFER.
Où ?	Où apparaît le problème ? -Dans la zone critique.
Quand ?	Quand apparaît le problème ? -Lors de la production.
Comment ?	Comment apparaît le problème ? - Temps d'arrêts élevée. - Nombre de pannes élevées. - Désordre de milieu de travail. - Date de livraison non respectée.
Pourquoi ?	Pourquoi résoudre le problème ? -Amélioration de la ligne par la mise en place des plans d'actions. - Organiser la zone et réduire les temps d'arrêts - Optimiser la productivité de la ligne

Tableau 3 : QQQQCP

2.3 Diagramme Pareto :

Le diagramme de Pareto, également connu sous le nom de la loi 20-80 est une méthode d'optimisation et de résolution de problème très connue dans le milieu industriel. De façon générale, on s'aperçoit que dans la plupart des situations, 80% des conséquences sont entraînées par 20% des causes, Rapporté à la maintenance, cela signifie que 80% des arrêts d'équipements vont être causés par seulement 20% des causes de pannes référencées.

- La classe A est celle de la minorité des éléments(en général 20%) sont responsables de la majorité des effets (en général 80%).
- La classe B est intermédiaire. Elle est composée généralement des 30% des éléments sont responsables de 15% d'effets.
- La classe C est celle de la majorité des éléments (en général 50%) sont responsables de la minorité des effets (en général 20%).

2.4 Diagramme d'Ishikawa : 5M

Ishikawa ou le Diagramme Causes/Effets est une méthode de résolution de problème qui vise à explorer toutes les dimensions de ce dernier en classant par famille et sous-famille les causes de celui-ci. Cette méthode s'intègre dans une logique d'amélioration continue et permet de relier les causes et les effets d'un dysfonctionnement.

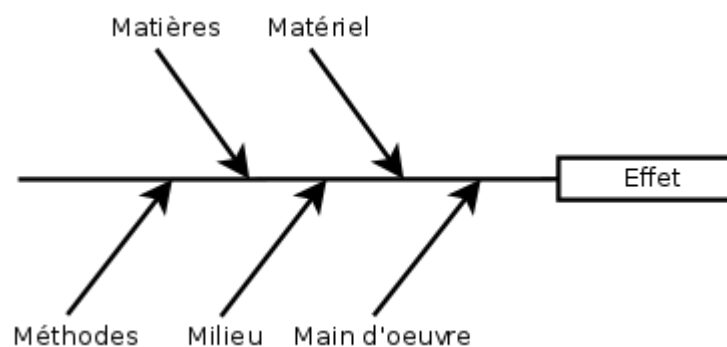


Figure 17 : Diagramme Ishikawa.

2.5 Méthode AMDEC :

Le mot **AMDEC** signifie l'Analyse des **M**odes de **D**éfaillances de leurs **E**ffets et de leur **C**riticité. C'est une Technique d'analyse préventive permettant d'identifier et de traiter les causes potentielles de défauts et de défaillance avant qu'ils ne surviennent. L'AMDEC est une méthode rigoureuse de travail en groupe, très efficace grâce à la mise en commun de l'expérience et des connaissances de chaque participant, à condition toutefois que l'animateur AMDEC soit suffisamment expérimenté. On peut faire :

- Une AMDEC Produit, pour vérifier Produit, pour vérifier la conformité d'un produit développé par rapport aux exigences du client,

- Une AMDEC Processus, pour valider la fiabilité du processus de fabrication,
- Une AMDEC Moyen, pour vérifier la fiabilité d'un équipement.

Le principe consiste à recenser toutes les causes potentielles de chaque mode de défaillance et d'évaluer la criticité. Cette dernière résulte d'une triple cotation quantifiée :

- Note '**G**' : Gravité ou sévérité de l'effet du défaut ou de défaillance,
- Note '**F**' : Occurrence ou fréquence d'apparition de la cause,
- Note '**D**' Détection : probabilité de non détection de la cause.

L'indice de criticité est obtenu par le produit des trois notes : **C=G*F*D**

Plus la criticité est importante, plus le mode de défaillance considéré est préoccupant. Lorsque la criticité dépasse la limite prédéfinie par le groupe, ce dernier recherche les actions d'amélioration possible pour la ramener à un niveau acceptable. [1]

2.6 La méthode 5S :

Les 5S forment une méthode pragmatique et très concrète de l'amélioration de l'existant à partir des idées et de la participation des acteurs du terrain, puis plus généralement de l'ensemble du personnel. Tous les services de l'entreprise sont concernés, de la prise de la commande à l'expédition du produit, en passant par les services fonctionnels (comptabilité, ressources humaines, maintenance, etc.). Nous donnons au poste de travail sa signification la plus large, celle du lieu où l'on exécute son travail. Il peut s'agir d'une machine, d'un établi, d'un bureau, d'une zone dans un entrepôt, un magasin de stockage. La notion de poste de travail englobe également son environnement immédiat : l'espace autour, allées, couloirs... [6]

L'appellation '5S' vient des initiales des mots clés de la méthode :

- **SEIRI** : c'est Débarrasser (éliminer ce qui est inutile).
- **SEITON** : c'est Ranger (classer, ordonner ce qui est utile)
- **SEISO** : c'est Nettoyer (tenir propre les outils, les équipements, l'atelier...)
- **SEIKETSU** : c'est organiser (établir et formaliser des règles)
- **SHITSUKE** : c'est Maintenir la rigueur (respecter les règles).

Cette méthode :

- Améliore la productivité, l'efficacité et la Qualité.

- Diminue les pannes (gravité/fréquence).
- Réduit les pertes de temps (recherche d'un outil...).
- Contribue à l'implication et à la motivation du personnel.
- Inspire confiance et donne une bonne image de l'entreprise (un environnement propre et agréable est votre meilleure publicité).
- Améliore la sécurité au travail et réduit de pollution.
- Libère de l'espace inutilement utilisé.
- Permet au personnel d'avoir une meilleure qualité de vie au travail.

2.7 Diagramme Spaghetti :

Un diagramme spaghetti est un outil de cartographie simple utilisé pour déterminer le mouvement physique de collaborateurs, de matière ou d'informations. Par exemple, visualiser et mesurer le temps d'écoulement de produits d'un poste A vers un poste B ? Quel est le chemin emprunté? Est-ce le plus efficace? Quel est le cheminement de préparateurs dans les stocks? Quels sont les engorgements des trajets de chariots dans les entrepôts ? Quelle est le circuit de validation d'une facture,...

Conclusion :

Nous avons présenté dans ce chapitre le contexte du projet, son cadre général, la problématique et la méthodologie adoptée pour la résolution du problème avec une élaboration de la première phase de DMAIC à savoir 'Définir'.

Chapitre 3 : Analyse et mesure de TRS:

Introduction :

Ce chapitre présente l'étape : « Mesurer et Analyser » de la démarche DMAIC à travers laquelle nous allons procéder par une collecte des données et des mesures pour pouvoir évaluer le système actuel de la société.

1. Diagramme Spaghetti :

La figure suivante représente le diagramme Spaghetti (se trouve aussi à l'annexe 3) :

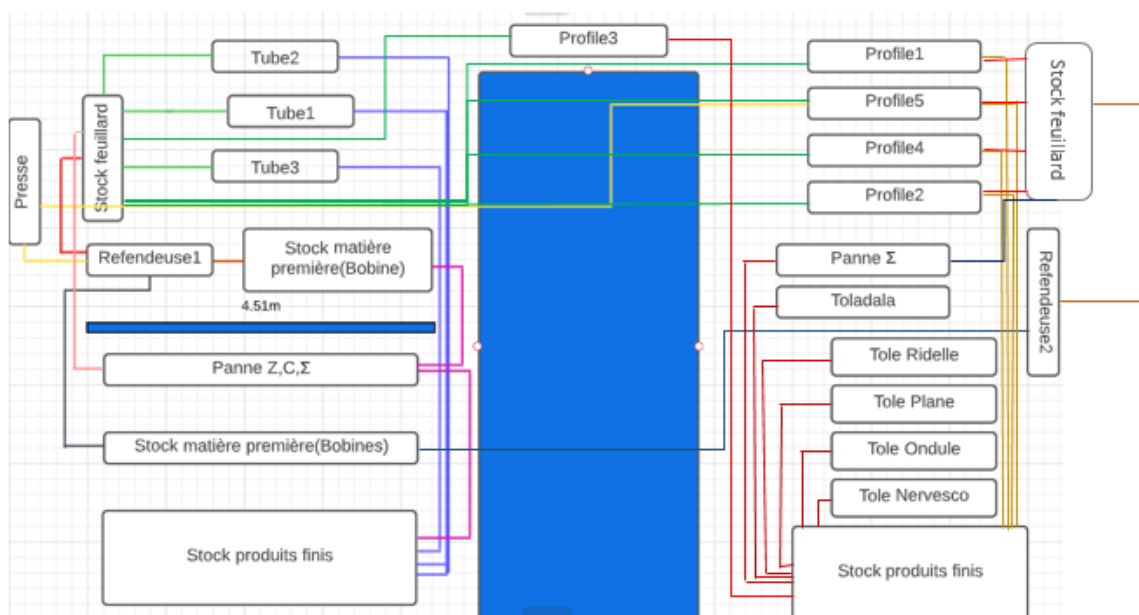


Figure 19 : Diagramme Spaghetti du parc machine

-D'après ce diagramme on constate une mauvaise organisation de stock et une mauvaise installation de la machine presse qui doit être à côté de la machine profilé 5, qui utilise les feuillards perforés qui sort de la machine presse.

2. Temps d'arrêts des machines :

D'après l'analyse que nous avons effectuée sur les machines, nous avons révélé que le temps d'arrêt de ces derniers était l'une des principales contraintes affectant le temps de production c'est pour cela nous avons classé les machines selon ce critère en suivant les temps d'arrêts par machine sur la base de l'historique des temps d'arrêts 2021 et des fiches de production des janvier et février 2022.

Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau 4 :

Etiquette De machine	Janv 2021 (min)	Fév- 2021 (min)	Mars 2021 (min)	Avr 2021 (min)	Mai 2021 (min)	Juin 2021 (min)	Juil 2021 (min)	Aout 2021 (min)	Sept 2021 (min)	Oct 2021 (min)	Nov 2021 (min)	Dec 2021 (min)	Janv 2022 (min)	Fév 2022 (min)	Temps d'arrêt cumulé (min)
Tube2	4960	4776	5576	5226	5541	3775	4231	3189	4754	4321	5879	5124	5231	5478	68061
Tube1	3855	2841	2188	3209	3219	2466	3125	3897	4187	4564	4112	4027	4124	3789	40603
Tube3	2252	2678	3042	1312	4616	1958	1798	2073	1578	2435	4245	2478	1326	3268	35059
Profile5	2135	2584	2368	1332	1236	1358	1487	1365	1453	1285	1346	1135	1587	1369	26040
Profile1	2035	2145	1365	1147	1136	1247	1256	1485	1325	1143	1852	2015	1423	1235	22909
Profile2	734	864	874	727	1054	134	147	1365	1045	1242	1236	1084	1054	1036	12496
Profile4	147	235	741	523	132	113	214	1238	1012	1327	2042	1324	1074	1142	11264
Profile3	250	536	542	498	101	935	425	147	925	1324	1547	1364	1187	1025	10806
Refendeuse2	435	265	524	238	1023	1002	157	1023	1021	1047	368	472	324	568	8467
Presse	423	478	998	120	1010	1123	1024	978	825	136	123	354	247	325	8164
Refendeuse1	225	1045	1021	235	858	732	245	924	923	1025	147	243	144	243	8010
Panne Sigma	231	147	234	525	947	935	123	1012	547	824	325	925	224	254	7253
Ridelle	124	135	423	121	925	825	932	123	425	928	214	612	1023	214	7024
Tôle Plane	423	458	425	1024	324	423	323	254	435	245	1123	525	875	144	7001
Toladala	454	324	258	298	425	512	454	325	1014	623	447	347	517	125	6123
Nervesco	225	125	347	423	214	356	363	299	228	447	398	278	298	212	5213
Ondulee	112	87	156	97	178	124	136	158	142	185	169	135	128	217	2024

Tableau 4 : Temps d'arrêts des machines

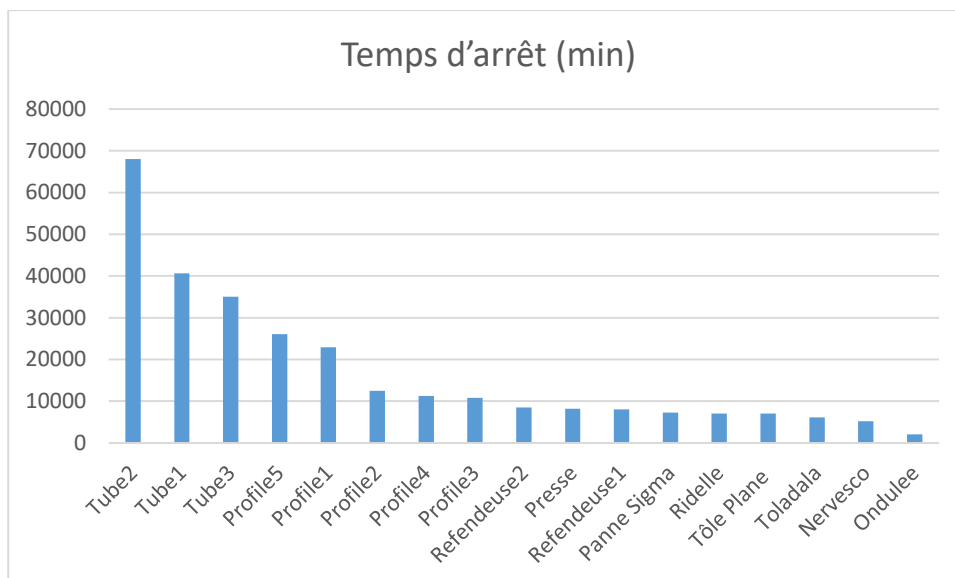


Figure 20 : Diagramme de temps d'arrêt de toutes les machines

D'après ce diagramme nous constatons que la famille des machines les plus critiques durant ces mois est la famille tube (la machine tube2, tube1 et tube3)

3. Chutes des machines :

Le deuxième critère que nous avons choisi pour classer les machines c'est la qualité en se basant sur la quantité des produits non conformes (Chute) pour chaque machine, c'est pour cela nous avons suivi la quantité de produits non conformes en se basant sur l'historique chute de 2021 et les fiches de production des mois janvier et février (voir tableau 5).

Etiquette De machine	Janv 2021 (kg)	Fév- 2021 (kg)	Mars 2021 (kg)	Avr 2021 (kg)	Mai 2021 (kg)	Juin 2021 (kg)	Juil 2021 (kg)	Aout 2021 (kg)	Sept 2021 (kg)	Oct 2021 (kg)	Nov 2021 (kg)	Dec 2021 (kg)	Janv 2022 (kg)	Fév 2022 (kg)	Quantité cumulée (Kg)
Tube2	15714	13006	5404	11015	2499	16346	16231	4897	2397	11982	13241	1364	6243	11345	131684
Tube1	6154	7858	8654	8519	7928	7883	5231	8476	7123	5231	7854	6123	5412	4754	97200
Tube3	5106	6345	4896	3546	7030	5550	4623	5462	3623	3457	5467	5120	4789	2879	67893
Profile5	5414	4784	2121	3487	4567	3215	1234	4876	1745	1232	4875	3785	1254	3145	45734
Profile1	5113	3258	1487	2365	3874	2154	1100	3964	965	1400	3954	2487	1452	2134	35707
Panne Sigma	4653	2465	1600	2136	3710	1254	1230	2879	1241	1121	2365	1547	1341	1954	29496
Profile3	3124	1445	1432	1954	2754	1132	956	1853	1432	954	1325	1425	1254	1647	22687
Presse	2185	1321	1325	1847	2462	1011	1243	1235	1324	1200	1235	1345	1147	1326	20206
Profile2	1235	1102	965	1654	3216	932	945	948	1165	1023	1003	1278	1036	1245	17747
Profile4	1012	1023	1020	1362	1234	912	1020	921	1123	1156	926	1163	1023	1145	15040
Ridelle	996	1012	936	1226	1123	906	1006	913	1105	1026	1056	983	910	1023	14221
Tôle Plane	921	956	914	1125	1054	845	925	901	1012	989	1023	825	895	995	13380
Toladala	826	546	812	1120	989	754	923	547	1023	874	936	1240	785	457	11832
Nervesco	523	485	652	754	897	426	564	879	987	498	256	478	389	411	8199
Ondulee	487	356	254	689	756	324	455	765	847	356	125	378	245	316	6353

Tableau 5 : Quantité de produits défectueux par machine

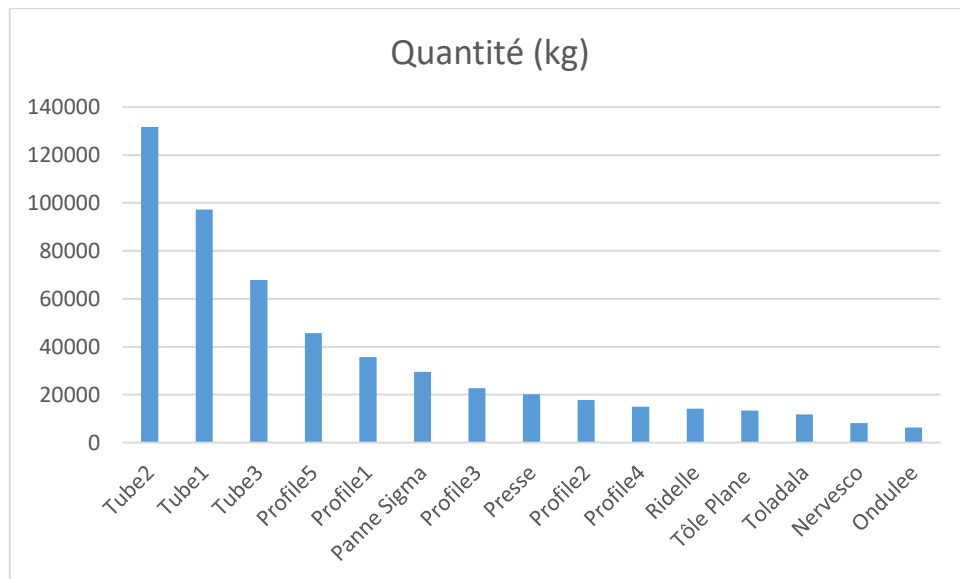


Figure 21 : Diagramme de chutes de toutes les machines

D'après ce diagramme nous constatons aussi que les machines les plus critiques durant ces mois, sont : Les machines tube1, tube2 et tube3.

4. Identification de la ligne critique :

Pour pouvoir identifier la machine critique de la famille **tube** en a recours au calcul de **TRS** des trois machines:

4.1 Calcul de Taux de Disponibilité :

La disponibilité est l'aptitude d'un bien ou d'une entité à être en état d'accomplir une fonction requise dans des conditions données, à un instant donné ou pendant un intervalle de temps donné, en supposant que la fourniture des moyens extérieurs nécessaires soit assurée [1]

La disponibilité moyenne sur un intervalle de temps donné peut être évaluée par le rapport

$$D = \frac{MTBF}{(MTTR + MTBF)}$$

- MTBF : (indice de fiabilité) est le temps moyen entre défaillance

$$MTBF = \frac{\text{Somme des temps de bon fonctionnement}}{\text{Le nombre de pannes}}$$

La somme des temps de bon fonctionnement inclut les temps d'arrêt hors défaillance et le temps de micro-arrêts.

➤ MTTR : (indice de maintenabilité) est le moyen des temps technique de réparation

$$MTTR = \frac{\sum \text{Temps d'intervention pour } n \text{ pannes}}{\text{Le nombre de pannes}(n)}$$

Résultats de taux de disponibilité du mois Janvier 2022 :

Résultats du mois Janvier 2022 Parc Machines										
SERVICE	Machines	CODE	NBRE INT	TEMPS en minutes		MTTR	MTBF	TBF (munites)	DISPONIBILITÉ	Objectif DISPONIBILITÉ
				temps d'ouverture	Temps d'arrêt					
TUBE	TUBE 1		28	21120,00	2496,00	89,14	665,14	18624,00	88,18%	100%
	TUBE 2		24	11280,00	3562,00	148,42	321,58	7718,00	68,42%	100%
	TUBE 3		16	21570,00	1365,00	85,31	1262,81	20205,00	93,67%	100%

Tableau 6: Indicateur de performances du mois janvier

Résultats de taux de disponibilité du mois Février 2022 :

Résultats du mois Février 2022 Parc Machines										
SERVICE	Machines	CODE	NBRE INT	TEMPS en minutes		MTTR	MTBF	TBF (munites)	DISPONIBILITÉ	Objectif DISPONIBILITÉ
				temps d'ouverture	Temps d'arrêt					
TUBE	TUBE 1		28	11280,00	1697,00	60,61	342,25	9583,00	84,96%	100%
	TUBE 2		42	11280,00	2971,00	70,74	197,83	8309,00	73,66%	100%
	TUBE 3		35	11280,00	1436,00	41,03	281,26	9844,00	87,27%	100%

Tableau 7: Indicateur de performances du mois Février

➤ **Remarque** : Nous avons reportés à l'annexe2 les résultats relatifs aux autres mois.

Les résultats du taux de disponibilité sont présentés dans le tableau suivant :

Machine	Tube1	Tube2	Tube3
Taux de disponibilité	85.3%	75.83%	84.93%

Tableau 8 : Taux de disponibilité des machines tubes.

On remarque que la machine tube2 a le plus faible taux de disponibilité.

4.2 Calcul de Taux de Qualité :

La qualité fait référence aux pièces fabriquées qui ne répondent pas aux normes de qualité, telles que les pièces qui doivent être retravaillées.

La qualité est calculée à l'aide de la formule suivante :

$$TQ = \frac{\text{Nombre de bonnes pièces}}{\text{Nombres total de pièces}}$$

Les résultats du taux de qualité sont présentés dans le tableau suivant :

Machine	Tube1	Tube2	Tube3
Taux de qualité	95%	94%	96%

Tableau 9 : Taux de qualité des machines tubes.

On remarque que la machine tube2 a le plus faible taux de qualité.

Remarque : Le détail de calcul des taux de disponibilité et de qualité se trouve dans l'annexe1.

4.3 Taux de rendement synthétique :

Le taux de rendement synthétique est le produit du taux de disponibilité, taux de performance et le taux de qualité. Les résultats de TRS pour les 3 machines tubes sont représenté dans le tableau suivant :

Machine	Tube1	Tube2	Tube3
TRS	64.82%	57,02%	65.22%

Tableau 10 : Taux de rendement synthétique des machines tubes.

Remarque : Le taux de performance est fixé à 80% pour les trois machines tubes, parce que SOFAFER ne possède pas des listes de cadence pour les machines, il y'a aussi un manque de documentation sur les machines, mais à l'aide d'expertise et de la connaissance de chef maintenance et chef production ils ont pu nous donner une estimation de ce taux.

Finalement après le calcul de TRS, On constate que la ligne critique est la ligne de la machine tube2 qui a le faible taux de rendement synthétique. L'analyse des résultats obtenus montre que ce que pénalise le TRS en premier classe est la disponibilité.

5. Analyse des causes de criticité de la machine tube2 :

5.1 Diagramme Ishikawa de la machine tube2 :

La figure suivante représente le diagramme Ishikawa de la machine tube2:

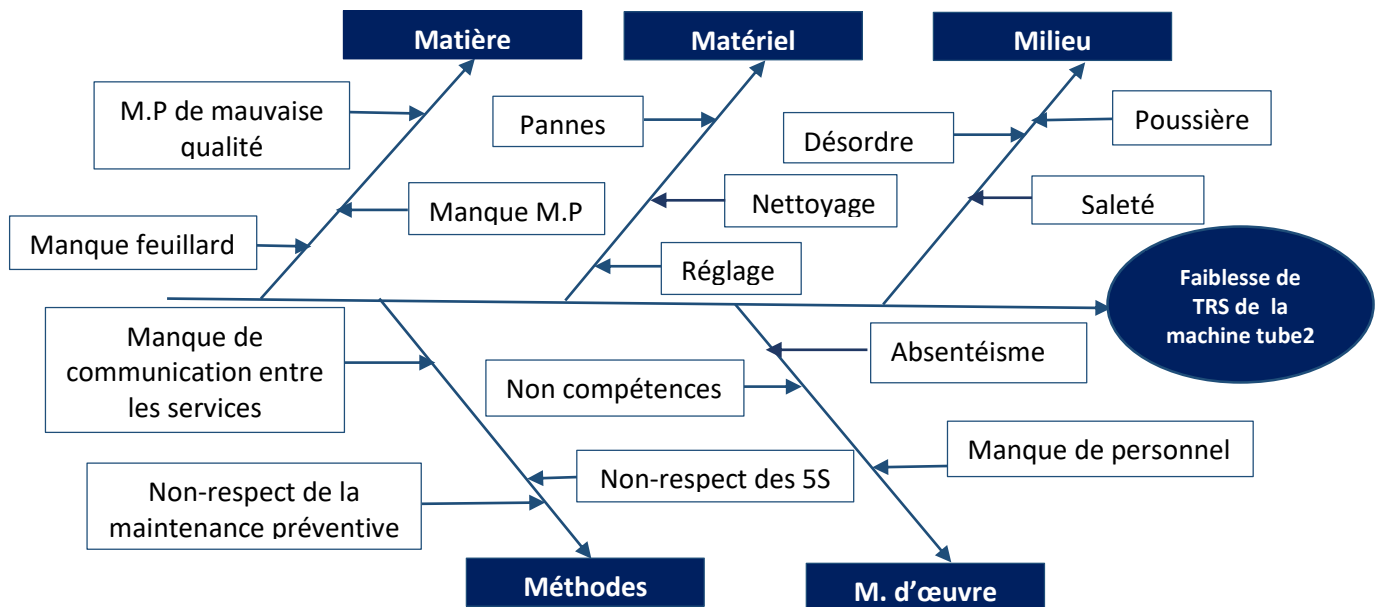


Figure 22 : Diagramme Ishikawa de la machine tube2.

On peut dire d'après ce diagramme que les causes majeures de la faiblesse de la machine tube2 sont les mauvaises habitudes et les pannes.

5.2 Analyse des types d'arrêts de la machine tube2 :

Le tableau suivant représente les types d'arrêts et le temps d'arrêt de la machine tube2 (voir tableau11) :

Types d'arrêts	Total des arrêts	Pourcentage	Pourcentage cumulé
Pannes	40508	28,36%	28,36%
Nettoyage	30036	21.02%	49,39%
Réglage	22645	15.85%	65,24%
Autres	20146	14.10%	79.35%
Changement de série	17087	11.96%	91.31%
Entrée feillard	10202	7.14%	98,45%
Manque feillard	2213	1,55%	100%
	$\Sigma= 142837$		

Tableau 11: Types d'arrêts de la machine tube 2.

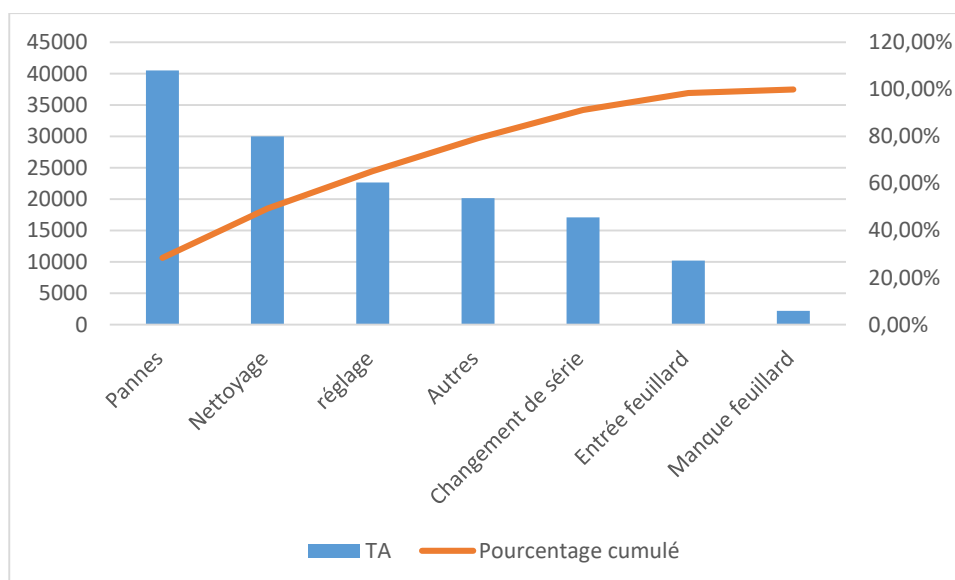


Figure 23 : Types d'arrêts de la machine tube2.

On constate d'après le graphe de la figure23 que les pannes, le nettoyage, le réglage et autres (comme par exemple le déplacement d'un opérateur pour chercher une pièce de rechange) sont les causes principales des arrêts de la machine tube2.

5.3 Analyse Pareto des causes des pannes de la machine tube2 :

D'après l'historique des pannes de la machine tube2 (voir figure 24) qui s'étend de janvier 2021 à février 2022, nous avons effectué un diagramme Pareto des causes d'arrêts pour savoir les pannes fréquentes au niveau de cette ligne.

DATE	Machine	panne	cause	Action
05/01/2021	tube 2	panne mécanique de dérouleur	pb de freingae lubrifiant au niveau de la fin de course	Changement ferrodo + augmentation de la pression du circuit hydraulique
06/01/2021	tube 2	Panne électrique de la table	pb au niveau de la fin de course	serrage des contacts
09/01/2021	tube 2	Panne électrique	alarme feedback encoder	reset depuis le variateur
12/01/2021	tube 2	panne électrique	eteignement brusque de la machine	redemarrage de la machine
14/01/2021	tube 2	panne mécanique	usure du roulement	changement roulement

Figure 24 : Extrait de la fiche historique des pannes de la machine tube2

Pannes	TA (min)	Pourcentage(%)	Pourcentage Cumulé(%)
Blocage des mores	6110	27.89	27.89
Galets détériorés	3880	17.71	45.6
Panne de cardon	2205	10.06	55.66
Panne de Poste Soudure	1785	8.15	63.81
Panne de l'encodeur	1515	6.91	70.72
Panne de lame de coupage	1245	5.68	76.4
Manque de lubrifiant	795	3.63	80.03
Augmentation de la température	745	3.4	83.43
Panne de palier	735	3.35	86.78
Panne du fil de Zinc	510	2.33	89.11
Panne mécanique de chariot de la coupe	475	2.17	91.28
Panne des mores	400	1.82	93.1
Panne de la pompe de lubrifiant	355	1.62	94.72
Panne de fin de course	325	1.48	96.2
Panne de la table	305	1.39	97.59
Panne de dérouleur	275	1.25	98.84
Panne Porte Outils	250	1.14	100

Tableau12: Types des pannes de la machine tube2.

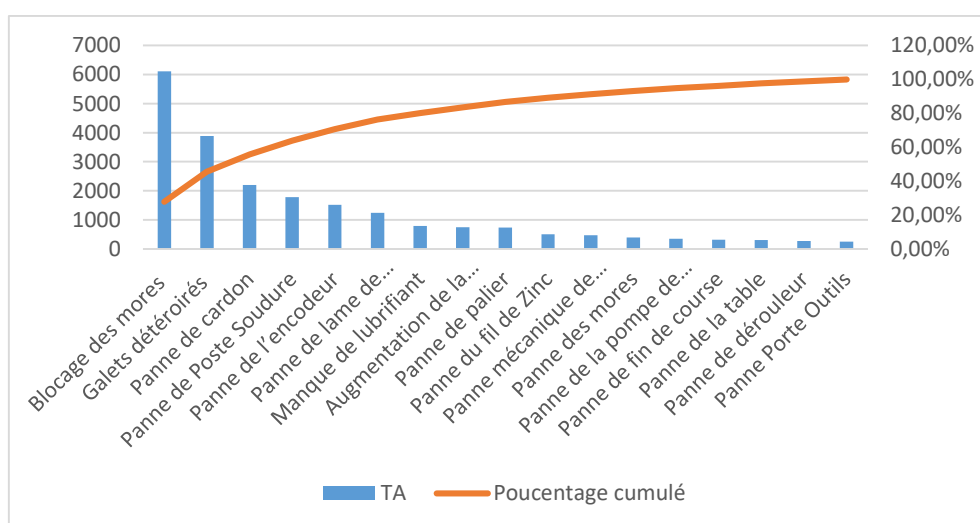


Figure 25 : Diagramme Pareto des pannes de la machine tube2.

Pour la machine Tube 2 on constate que les pannes les plus critiques, qui influencent dans un premier lieu sur le bon fonctionnement de la machine durant cette période et qui dépassent les 80% sont :

- **Panne électrique de la machine**
- **Roulement défectueux**
- **Panne de cardon**
- **Panne de poste soudure**
- **Panne de l'encodeur**
- **Panne de lame de coupage**
- **Manque de lubrifiant**

Conclusion :

En conclusion, nous avons entamé dans ce chapitre les deux phases de DMAIC à savoir mesurer et analyser, on a fait apparaître que la machine Tube2 est la machine critique après une mesure de TRS, et en analysant les causes de cette baisse au niveau de TRS on a remarqué que les pannes et la mal organisation de la zone sont les causes majeurs de la faiblesse au niveau de cette ligne.

*Chapitre 4 : Amélioration et Contrôle de la ligne
de production critique*

Introduction :

En appliquant les trois premières étapes de la méthode DMAIC, nous avons pu identifier la ligne critique et clarifier les principales causes de cette criticité, il est temps donc de procéder à des changements profonds. Dans ce chapitre on va présenter les solutions possibles pour résoudre les problèmes identifiés.

1. Etude AMDEC :

1.1 Analyse fonctionnelle : Diagramme Pieuvre

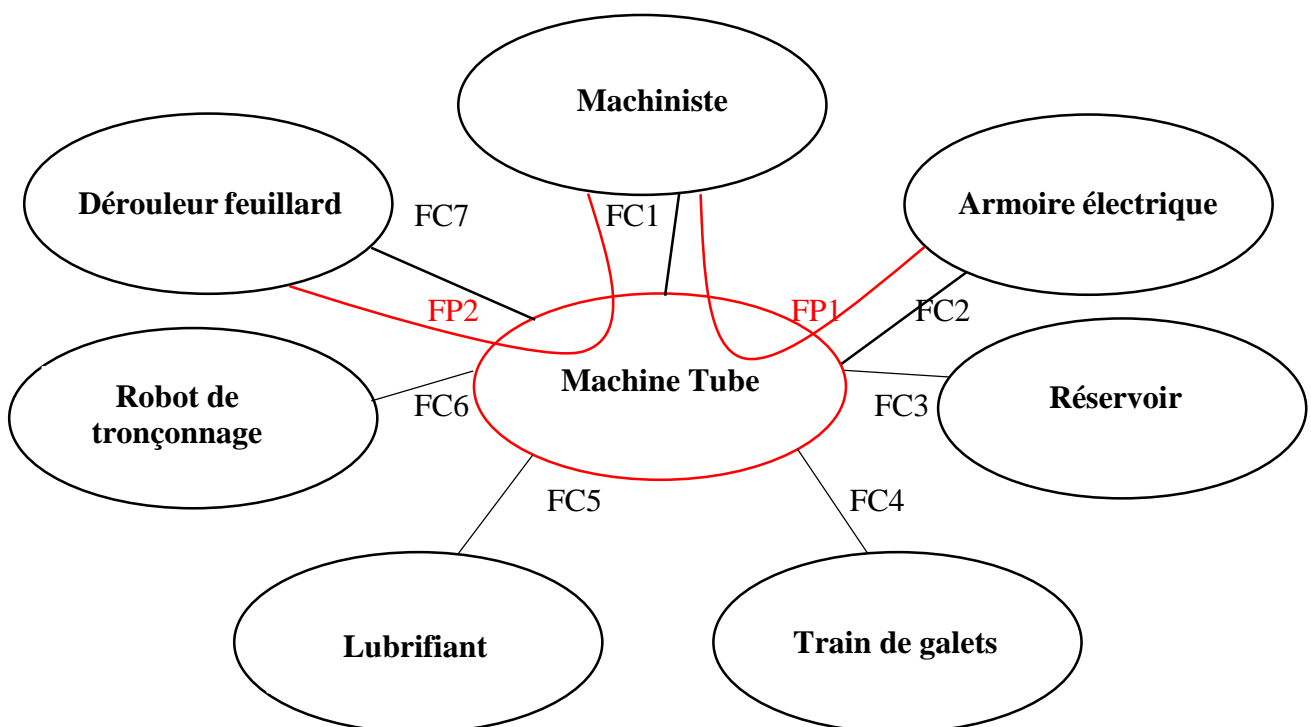


Figure 26 : Diagramme PIEUVRE

FP1 : Contrôler la vitesse de la machine et la longueur de découpage des tubes.

FP2 : Déposer le feuillard sur l'axe de dérouleur et assurer le bon fonctionnement.

FC1 : Contrôler, régler et garantir le déroulement des travaux exécutés par la machine.

FC2 : Piloter la machine.

FC3 : Assurer la continuité de fonctionnement de la machine jusqu'à la fin de la production.

FC4 : Déformer la Tôle jusqu'à obtenir la forme souhaité de tube.

FC5 : Refroidir et lubrifier le tube lors du contact entre le feuillard et le train des galets.

FC6 : Couper le tube à 6 mètres par défaut, sinon programmée la longueur désiré sur la commande numérique.

FC7 : Alimenter le réservoir de la machine et faciliter le déroulage du feuillard.

1.2. Décomposition structurelle de la machine «tube2» :

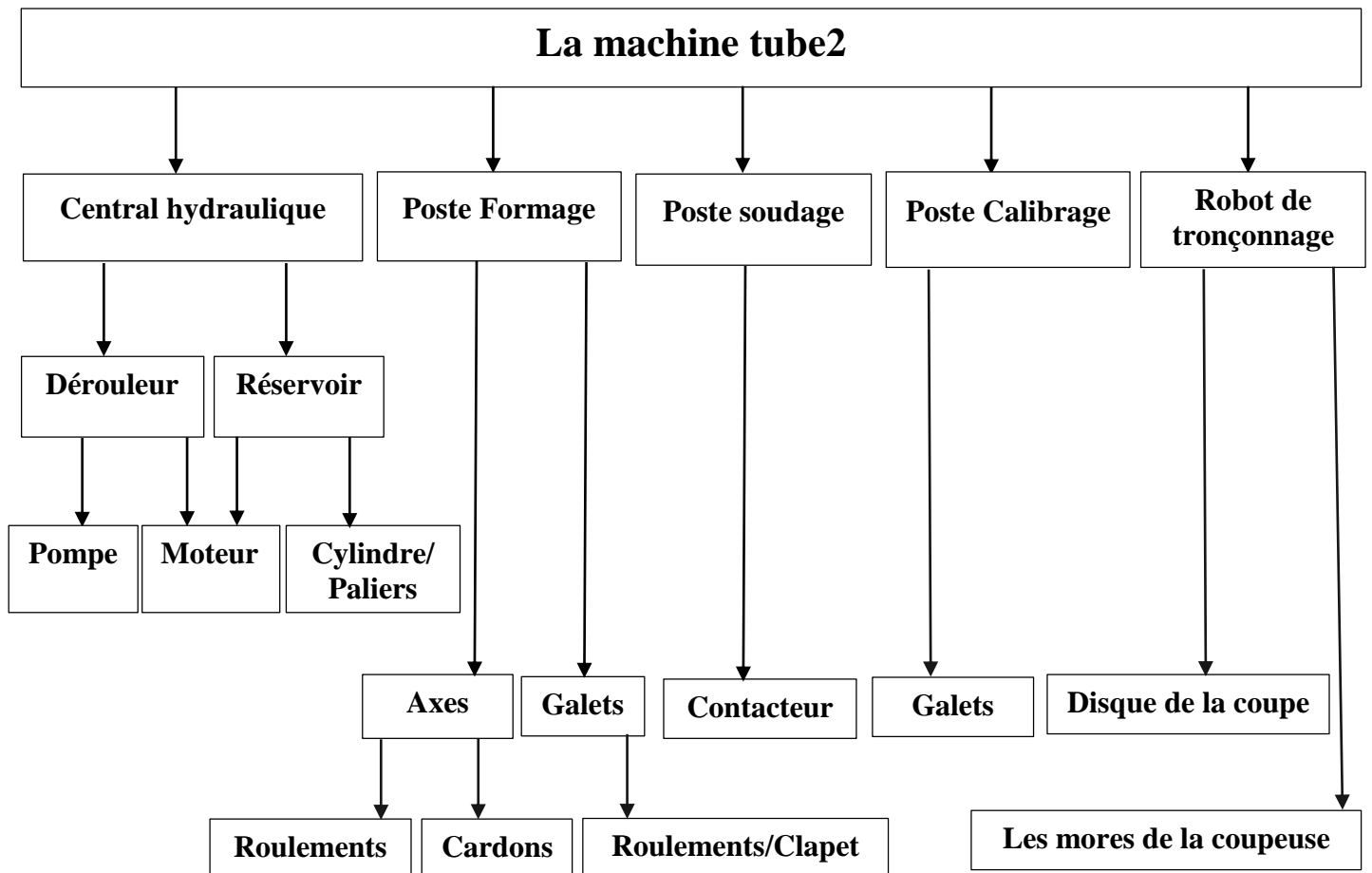


Figure 27 : La décomposition structurelle de la machine tube2.

1.3. Etude AMDEC des machines tubes :

➤ Evaluation :

L'évaluation se fait selon trois critères principaux :

- La gravité, la fréquence et la détection.

Gravité (G)	Valeur	Définition
Mineure	1	Arrêt de production < 15 minutes
Moyenne	2	15 minutes < Arrêt de la production < 1 heure
Majeure	3	1 heure < Arrêt de la production < 1 jour
Grave	4	Arrêt de la production > 1 jour

Tableau 13 : Echelle de gravité d'AMDEC

Fréquence (F)	Valeur	Définition
Très faible	1	1 défaillance par année : rare
Faible	2	1 défaillance par trimestre : possible
Moyen	3	1 défaillance par mois : occasionnelle
Elevé	4	1 défaillance par semaine : fréquente

Tableau 14 : Echelle de fréquence d'AMDEC

Détection (D)	Valeur	Définition
Détection par opérateur	1	Signes évidents, détection certaine
Détection par Technicien maintenance	2	Moyens automatiques
Détection difficile	3	Moyens complexes
Indétectable	4	Aucun signe

Tableau 15 : Echelle de détection d'AMDEC

Calcul de la criticité :

$$C = G * F * D$$

➤ Analyse :

Les tableaux suivants représentent le récapitulatif de l'analyse AMDEC.

Pilote : Nour-El Houda Mellouli			Equipe AMDEC	Criticité				Date d'élaboration : 01/06/2022
Elément	Mode de défaillance	Effet de la défaillance	Cause de la défaillance	F	G	D	C	Action corrective
Sous-système : Dérouleur (Centrale hydraulique)								
Pompe	Panne mécanique de la pompe	Arrêt de la machine	Pression de la pompe est insuffisante	2	3	2	12	Démontage et nettoyage du groupe distributeur. Changement du ressort du groupe Augmentation de la pression depuis le régulateur
		Problème au niveau de la rotation du feuillard	Bobine du distributeur défectueuse	2	2	2	8	Changement de la bobine
	Panne électrique de la pompe	Arrêt de la machine	Fusible grillé	2	2	2	8	Changement du fusible
Frein	Panne de dérouleur	Problème de freinage	Frein défectueux	2	2	2	8	Changement de frein
Palan	Panne de palan	Problème de déplacement de feuillard	Contacteur grillé	2	2	2	8	Changement du contacteur

Tableau 16: Tableau AMDEC de la machine tube2 (1/5)

AMDEC MACHINE - ANALYSE DES MODES DE DEFAILLANCE ET DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITE								Page : 2/5
Pilote : Nour-El Houda Mellouli				Equipe AMDEC		Criticité		Date d'élaboration : 01/06/2022
Elément	Mode de défaillance	Effet de la défaillance	Cause de la défaillance	F	G	D	C	Action corrective
Sous-système : Réservoir (Centrale hydraulique)								
Cylindre	Cylindre détériorée	Problème au niveau de la rotation de réservoir	Usure et détérioration	2	2	1	4	Changement de Cylindre
Paliers	Panne mécanique	Problème au niveau de la rotation de réservoir	Roulement détérioré Blocage du porte roulement du palier	2	2	2	8	Changement de Paliers / réparation d'un palier /Changement de roulement
Sous-système : Poste Formage								
Galets	Détérioration/Déformation/Fissure des galets	Déformation des tubes	Usure et détérioration	3	3	2	18	Changement de galet / usinage d'un nouveau galet au tournage
Axes	vibration de l'axe/casse de filetage	Déformation des tubes	Roulement cassé	3	3	2	18	Changement de roulement/changement de l'axe

Tableau 17: Tableau AMDEC de la machine tube2 (2/5)

AMDEC MACHINE - ANALYSE DES MODES DE DEFAILLANCE ET DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITE								Page : 3/5
Pilote : Nour-El Houda Mellouli				Equipe AMDEC		Criticité		Date d'élaboration : 01/06/2022
Elément	Mode de défaillance	Effet de la défaillance	Cause de la défaillance	F	G	D	C	Action corrective
Sous-système : Poste Soudage								
Contacteur	Contacteur défectueux	Arrêt de soudage	Détérioration	2	2	2	8	Changement du contacteur
Carte électronique	Echauffement des cartes électroniques	Carte électronique endommagé	Augmentation de la température	2	2	2	8	Ajout d'eau distillé
	Echauffement du poste	Arrêt de la machine	Augmentation de température	3	2	1	6	Tour de refroidissement sous dimensionné Ajout d'eau distillé Attente de refroidissement Nettoyage de filtre
Sous-système : Chariot de découpage								
Les mores	Blocage des mores	Arrêt de chariot de découpage	Problème au niveau de circuit hydraulique des mores	4	3	2	24	augmentation de la pression correction de la fuite au niveau du flexible
Encodeur	Panne électrique	Rupture du disque de la coupe. Production des tubes de longueur non conformes	Axe et bague détérioré /l'accouplement Galets défectueuse	3	2	2	12	changement de l'axe et Galet

Tableau 18 : Tableau AMDEC de la machine tube2 (3/5)

Pilote : Nour-El Houda Mellouli			Equipe AMDEC	Criticité				Date d'élaboration : 01/06/2022
Elément	Mode de défaillance	Effet de la défaillance	Cause de la défaillance	F	G	D	C	Action corrective
Disque de la coupe	Rupture de disque de la coupe	Arrêt de chariot de découpage	Les mesures faites par l'encodeur ne sont pas exactes	3	2	1	6	Changement de disque de la coupe
Cardon	Panne de cardon	Arrêt de chariot de découpage	Boulons cassées	4	2	1	8	Changement des boulons
Courroie	Courroie de transmission défectueuse	Arrêt de chariot de découpage	Grande vitesse	1	2	1	2	Changement de la courroie
Sous-système : unité hydraulique de lubrification								
Pompe de lubrifiant	Panne électrique	Problème au niveau de la lubrification	Câble électrique défectueux	2	2	2	8	Changement du câble

Tableau 19 : Tableau AMDEC de la machine tube2 (4/5)

AMDEC MACHINE - ANALYSE DES MODES DE DEFAILLANCE ET DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITE								Page : 5/5
Pilote : Nour-El Houda Mellouli				Equipe AMDEC		Criticité		Date d'élaboration : 01/06/2022
Elément	Mode de défaillance	Effet de la défaillance	Cause de la défaillance	F	G	D	C	Action corrective
Sous-système : Table de ramassage de produit final								
Galets	Roulement de galet de la table est détérioré	Déformation du produit final	Usure et détérioration	2	2	2	8	Changement du roulement
Capteur	Panne électrique de capteur	Problème de fin de course	Fuite de lubrifiant à l'intérieur du capteur	2	2	2	8	Démontage et séchage du capteur/ Changement du capteur
Sous-système : Armoire électrique								
Bouton poussoir	Panne électrique	Arrêt de la machine	Bouton poussoir bloqué	1	3	1	3	Réparation du bouton poussoir
Fusible	Panne électrique	Arrêt de la machine	Fusible grillé	1	3	2	6	Changement de fusible

Tableau 20 : Tableau AMDEC de la machine tube2 (5/5)

2. Classement des problèmes rencontrés :

A partir de la valeur de la criticité, on peut classer les problèmes par ordre décroissant et les répartir en différentes classes selon le tableau suivant (voir Tableau 21).

Valeur de la criticité	Politique de maintenance
$C < 8$	Maintenance corrective
$8 \leq C \leq 18$	Maintenance préventive (mensuelle/annuelle)
$18 \leq C \leq 28$	Maintenance préventive (journalière /Hebdomadaire)

Tableau 21 : La politique de la maintenance selon la valeur de la criticité

Le tableau suivant représente le classement des éléments de la machine tube2 selon leur criticité :

Elément	Criticité
Pompe	28
Galets	26
Les mores	24
Axes	18
Carte électronique	14
Encodeur	12
Frein	8
Palan	8
Paliers	8
Cardon	8
Contacteur	8
Capteur	8
Pompe de lubrification	8
Disque de la coupe	6
Fusible	6
Cylindre	4
Bouton poussoir	3
Courroie	2

Tableau 22 : Classification des éléments de la machine tube2 selon leur criticité.

3. Plan de maintenance préventive :

L'application de l'analyse AMDEC pour l'étude de la machine TUBE2 nous a permis de mettre en évidence les modes, les causes et les effets des défaillances de cette machine .

Ainsi, pour diminuer le niveau de criticité pour chaque élément, nous avons proposé un plan de maintenance préventive :

PLAN DE MAINTENANCE PREVENTIF DE LA MACHINE TUBE2						
Elément	Opérations	Fréquence d'opération				Exécutant
		J	H	M	Autre	
Sous – système : Dérouleur						
Pompe hydraulique	-Vérifier les paramètres de fonctionnement (Pression, fuite, qualité d'huile...)	X				Equipe mécanique
	-Contrôler les fusibles et les câbles électriques		X			Equipe électrique
Frein	-Contrôler l'état des freins mécanique				Chaque 15 jour	Equipe mécanique
Palan	-Vérifier l'état de contacteur			X		Equipe électrique
Sous – système : Réservoir						
Paliers	-Graisser et contrôler les paliers	X				Equipe mécanique
Sous – système : Poste formage						
Galets	-Contrôler et vérifier l'usure des galets	X				Equipe mécanique
Axes	-Contrôler l'usure des axes -Vérifier s'il y'a des vis mobiles	X				Equipe mécanique

Sous – système : Poste Soudage						
Contacteur	-Contrôler le fonctionnement des contacteurs			X		Equipe électrique
Carte électronique	-Vérifier le volume d'eau de système de refroidissement -Nettoyer les filtres		X			Equipe mécanique
Sous – système : Chariot de découpage						
Les mores	-Contrôler les fuites d'huiles	X				Equipe mécanique
Encodeur	-Contrôler l'état des galets		X			Equipe mécanique
Cardon	-Vérifier s'il y'a des vis ou des boulons resserrer		X			Equipe mécanique
Sous – système : Unité hydraulique de lubrification						
Pompe de lubrifiant	-Contrôler les câbles		X			Equipe électrique
Sous – système : Table de ramassage de produit finis						
Galets	-Contrôler et vérifier l'usure des galets -Graisser et contrôler les roulements	X				Equipe mécanique
Capteur	-Contrôler le niveau de lubrifiant		X			Equipe mécanique

Tableau 23 : Plan de maintenance préventif de la machine tube2

Remarque : J : Journalière, H : Hebdomadaire, M : Mensuelle.

4. Application de la méthode des 5S :

Dans cette partie, on va présenter l'analyse des 5S, afin de :

➤ **Produire mieux et améliorer la productivité et la qualité :**

- Minimiser les pertes de temps à chercher un outil, un objet ou un document.
- Réduire le nombre de pannes et réagir en temps réel.
- Rendre évidentes les conditions de bon fonctionnement et mettre en lumière les dysfonctionnements.

➤ **Organiser mieux le milieu de travail :**

- Améliorer les conditions de travail.
- Transformer physiquement l'environnement du poste de travail, car il agit profondément sur l'état d'esprit et le comportement de chacun.
- Favoriser l'esprit d'équipe.

4.1 Seiri : Débarrasser :

Ce qui est nécessaire doit être conservé en éliminant le reste.

- **Éliminer les objets inutiles tels que :**

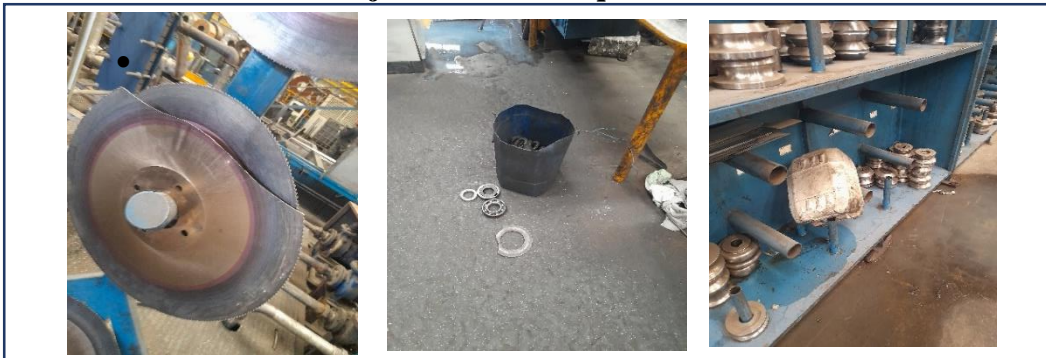


Figure 28 : Objets inutiles

La figure 28 montre la présence des objets inutiles n'importe où, alors la première phase consiste de se débarrasser de ces objets et de conserver juste ce qui est nécessaire.

- **Éliminer les chutes telles que :**



Figure 29 : Chutes sur terre.

D'après la figure 29 on constate que les chutes des produits non conformes se trouvent n'importe où dans l'usine et qui obstrue le déplacement des opérateurs, donc il faut réserver une place pour ces chutes et les éliminer par la suite.

- **Eliminer les dangers tels que :**

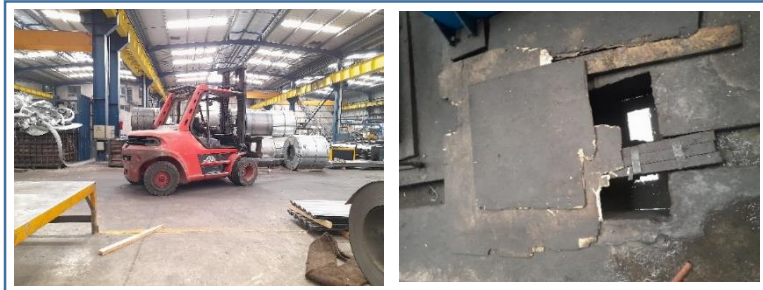


Figure 30 : Dangers liés à l'eau et au chariot élévateur

La figure 30 montre des dangers liés au chariot élévateur qui ne possède pas des miroirs ainsi que des dangers liés à l'eau, alors il faut identifier et marquer les zones de risques.

4.2 Seiton : Ranger:

Une place pour chaque chose et chaque chose à sa place pour réduire les gestes inutiles, efforts et pertes de temps.

- **Ranger les objets qui ne sont pas à leurs bon endroit tels que :**



Figure 31 : Objets et équipements n'importe où

La figure 31 montre des objets sur terre ou bien sur machine, donc il faut ranger ces objets à un bon endroit à l'aide des caisses, des étagères ou des palettes.

4.3 Seiso : Nettoyer :

La propreté de poste de travail doit être assurée, ceci permet d'inspecter les machines afin de détecter les anomalies et usures prématurées.



Figure 32 : Saletés du sol et de poste de travail

La figure 32 montre les saletés du sol et de poste de travail, donc il faut nettoyer le milieu de travail en luttant contre les salissures.

4.4 Seikeitsu : Standardiser :

Définir les règles par lesquelles le poste de travail restera débarrassé des objets inutiles , rangé, nettoyé et inspecté en précisant les moyens d'éliminer les causes de salissures ou de désordre.



Figure 33 : Stock rangé aléatoirement.

D'après la figure 33 on remarque l'absence des plans pour la gestion, donc il faut définir des règles pour les quantités de stock qui sont rangé aléatoirement.

4.5 Shiketsu : Etre rigoureux :

Du ressort du management, se fixer pour but le maintien des bonnes habitudes en soutenant et en encourageant les collaborateurs à adhérer et à respecter les règles.

- **Interdire les affaires personnelles au milieu de travail telles que :**



Figure 34 : Affaires personnelles n'importe où.

La figure 34 montre la présence des affaires personnelles au milieu de travail, c'est pour cela il faut interdire ces mauvaises habitudes et définir des règles à respecter.

5. Mise en place des actions pour les 5S:

➤ **Seiri : Débarrasser :**

- Se débarrasser des objets inutiles (documents, outils, pièces, etc.)
- Identifier et marquer les zones de dangers.
- Se débarrasser des chutes.

➤ **Seiton : Ranger:**

- Ranger les objets, outils et équipements dans des caisses, des étagères, des chariots, ou sur des palettes plutôt que sur sol.
- S'assurer que le lieu de travail contient que les outils, les objets ou les documents qui sont nécessaires et immédiatement utilisés.
- Ranger le milieu de travail de manière que les emplacements de stockage et les caisses soient clairement marqués et étiquetés.
- S'assurer que le matériel de nettoyage et d'aide au nettoyage sont en ordre et à porter de main.

➤ **Seiso : Nettoyer :**

- Nettoyer les plancher, surfaces de travail et de stockage (pas de déchet, saleté, huile, eau, chutes, rebuts...)
- S'assurer que les panneaux d'information n'affichent pas des vieux documents, sales ou déchirés.

➤ **Seikeitsu : Standardiser :**

- Définir des instructions de travail, manuels, plans de maintenance et de nettoyage pour l'application des 5S.
- Etablir des checklist 5S.
- Inciter les employés à contrôler eux-mêmes la propreté de leurs postes de travaux.

➤ **Shiketsu : Etre rigoureux :**

- Respecter les règles.
- Contrôler le niveau de 5S.
- Former et inciter les employés à se familiariser avec les règles et le standard d'identification et d'étiquetage.

6. Mise en place des actions pour l'automaintenance :

Nous avons établi une liste des actions pour la maintenance du 1^{er} niveau, qui doivent être faites par l'opérateur vis-à-vis de son poste de travail, mais il faut signaler que la réussite de ces actions nécessite la mise en place préalable des 5S.

Liste des actions de la maintenance 1^{er} niveau pour la machine tube2
Nettoyage de la machine
Changement de série
Serrage de vis desserrées
Démontage et montage des roulements montés sur galets
Changement des lames de coupe
Changement du carbon et du fil de cuivre
Contrôler le niveau de lubrifiant
Vérifier le volume d'eau de système de refroidissement
Vérifier le bruit, le soufflage et la température des moteurs
Vérifier les bornes de câblage

Tableau 24 : Liste des actions de la maintenance 1^{er} niveau de la machine tube2.

Conclusion : Dans ce chapitre nous avons élaboré les plans d'actions adéquats à l'élimination des causes de la faiblesse de la machine tube2, à savoir un plan de maintenance préventive et la mise en place de la méthode des 5S, ainsi l'élaboration d'une liste des actions de la maintenance autonome.

Conclusion générale

Ce rapport résume notre projet de fin d'études, effectué à l'entreprise SOFAFER sous le thème 'Optimisation de la ligne critique au sein de l'usine de SOFAFER par les méthodes d'amélioration' et qui s'inscrit dans le cadre de la formation académique pour l'obtention du diplôme Master en Génie Industriel.

Le bilan de travail effectué se présente comme suit :

Dans un premier temps, nous avons choisi la démarche DMAIC pour la conduite de notre projet afin d'atteindre les objectifs fixés. Nous avons alors commencé par définir les différents outils utilisés dans l'élaboration de ce travail ainsi de mettre le projet dans son contexte général.

Puis, nous avons pu identifier la ligne critique, après une collecte de données et à l'aide des critères de classification selon le temps d'arrêt et les chutes pour chaque machine, ensuite une mesure de TRS nous a permis de dire que la machine tube2 est la machine critique.

Par la suite, nous avons analysé les causes de cette criticité par les diagrammes d'Ishikawa et Pareto, pour arriver à la synthèse que les pannes et la mauvaise organisation de la zone sont les principales causes de la faiblesse de la ligne tube2.

Alors, pour optimiser cette ligne et atteindre notre objectif, nous avons élaboré des plans d'actions après une identification des modes des défaillances par AMDEC à savoir le plan de maintenance préventive et plan de maintenance autonome, ainsi la mise en place des 5S pour une optimisation totale et concrète de cette zone .

Finalement, les résultats de l'étude vont aboutir à réduire les coûts de maintenance engendrés par les durées élevés d'interventions sur la machine, et par la suite diminuer les temps d'arrêts, et aussi augmenter le rendement de la production.

Et en conclusion, le projet nous a permis d'appliquer les différents outils de travail que nous avons déjà vu lors de la formation, d'évaluer sur place les connaissances et de découvrir le milieu industriel. C'est une expérience très riche tant au niveau technique que relationnel.

Bibliographie

[1]: Gestion de la maintenance ; Mr A.Chafi.

[2]: SIX SIGMA for Powerful Improvement – A Green Belt DMAIC Training System with Software Tools and a 25-Lesson Course; Charles T. Carroll; 2016.

[3]: AMDEC Guide pratique; Olivier Boutou, Gérard Landy, Bruno Saintvoirin, Performance de l'entreprise, AFNOR, 2006.

[4]: TPM for Every Operator; Edited by the Japan Institute of Plant Maintenance.

[5] : Pratique de la maintenance préventive : mécanique, pneumatique, hydraulique, Electricité, froid ; Jean Hég ; Dunod ; 2002.

[6] : Guide pratique des 5S pour les managers et les encadrants ; Christian Hohmann.

Annexes

Annexe 1 : Calcul du Taux de Rendement Synthétique :

	Machine	Jan-21	Fév-21	Mars-21	Avr-21	Mai-21	Juin-21	Juill-21	Aout-21	Sept-21	Oct-21	Nov-21	Déc-21	Jan-22	Fév-22
Temps D'ouverture	Tube1	11280	11280	11280	11280	11280	19770	12080	12080	11190	11190	21120	11280	21120	11280
	Tube2	11280	11280	11280	11280	11280	19110	12080	12080	11190	11190	11280	11280	11280	11280
	Tube3	11280	11280	11280	11280	11280	18540	10280	10280	11190	11190	21570	11280	21570	11280
Nombre de pannes/interventions	Tube1	30	33	28	26	19	36	36	25	26	27	28	28	28	28
	Tube2	22	45	45	32	35	43	43	52	35	34	22	35	24	42
	Tube3	10	12	36	19	26	18	18	21	45	23	16	36	16	35
Temps d'arrêt	Tube1	1230	1958	1450	2450	1596	2140	1536	2465	1436	1985	2689	1650	2496	1697
	Tube2	1478	3487	2140	3250	2420	4874	3120	2592	2356	2450	3350	2458	3562	2971
	Tube3	986	1230	1480	2460	1754	4389	2314	1963	1785	1965	2958	1920	1365	1436
Temps de bon fonctionnement	Tube1	10050	9322	9830	8830	9684	17630	10544	9615	9754	9205	18431	9630	18624	9583
	Tube2	9802	7793	9140	8030	8860	14236	8960	9488	8834	8740	7930	8822	7718	8309
	Tube3	10294	10050	9800	8820	9526	14151	7966	8317	9405	9225	18612	9360	20205	9844
MTRR	Tube1	41	59,33	51,79	94,23	84	59,44	42,67	98,6	55,23	73,52	96,04	58,93	89,14	60,61
	Tube2	67,18	77,49	47,56	101,56	69,14	113,35	72,56	49,85	67,31	72,06	152,27	70,23	148,42	70,74
	Tube3	9,86	102,5	41,11	129,47	67,46	243,83	128,56	93,48	39,67	85,43	184,88	53,33	85,31	41,03
MTBF	Tube1	335	282,48	351,07	339,62	509,68	489,72	292,89	384,6	375,15	340,93	658,25	343,93	665,14	342,25
	Tube2	445,55	173,18	203,11	250,94	253,14	331,07	208,37	182,46	252,4	257,06	360,45	252,06	321,58	197,83
	Tube3	1029,4	837,5	272,22	464,21	366,38	786,17	442,56	396,05	209	401,09	1163,25	260	1262,81	281,26
Taux de disponibilité	Tube1	89.10%	82.64%	87.15%	78.28%	85.85%	89.18%	87.28%	79.59%	87.17%	82.26%	87.27%	85.37%	88.18%	84.96%
	Tube2	86.90%	69.08%	81.03%	71.19%	78.55%	74.50%	74.17%	78.54%	78.95%	78.11%	70.30%	78.21%	68.42%	73.66%
	Tube3	99.05%	89.10%	86.88%	78.19%	84.45%	76.33%	77.49%	80.90%	84.05%	82.44%	86.29%	82.98%	93.67%	87.27%
Production bonne réalisée	Tube1	577267	342349	156392	220392	41343	241071	705146	154096	30348,9	281694	540775	33080	117380	518795
	Tube2	102959	184740	165121	193832	184033	193728	105360	151750	110418	140074	116418	78215	101123	90326
	Tube3	87060	244445	97961	91266	270835	87727	272203	266279	73791	56980	272045	177737	117068	104147
Production mal réalisé	Tube1	15714	13006	5404	11015	2499	16346	16231	4897	2397	11982	13241	1364	6243	11345
	Tube2	6154	7858	8654	8519	7928	7883	5231	8476	7123	5231	7854	6123	5412	4754
	Tube3	5106	6345	4896	3546	7030	5550	4623	5462	3623	3457	5467	5120	4789	2879
Taux de qualité	Tube1	97.35%	96.34%	96.66%	95.24%	94.30%	93.65%	97.75%	96.92%	92.68%	95.92%	97.61%	96.04%	94.95%	97.86%
	Tube2	94,36%	95,92%	95,02%	95,79%	95,87%	96,09%	95,27%	94,71%	93,94%	96,4%	93,68%	92,74%	94,92%	95%
	Tube3	94,46%	97,47%	95,24%	96,26%	97,47%	94,05%	98,33%	97,99%	95,32%	94,28%	98,03%	97,20%	96,07%	97,31%

ANNEXE 2: Taux de disponibilité pour chaque mois :

Résultats du mois Janvier 2021 Parc Machines										
SERVICE	Machines	CODE	NBRE INT	TEMPS en minutes		MTTR	MTBF	TBF (munites)	DISPONIBILITÉ	Objectif DISPONIBILITÉ
				temps d'ouverture	Temps d'arrêt					
TUBE	TUBE 1		30	11280,00	1230,00	41,00	335,00	10050,00	89,10%	100%
	TUBE 2		22	11280,00	1478,00	67,18	445,55	9802,00	86,90%	100%
	TUBE 3		10	11280,00	986,00	9,86	1029,40	10294,00	99,05%	100%

Résultats du mois Fevrier 2021 Parc Machines										
SERVICE	Machines	NBRE INT	TEMPS en minutes		MTTR	MTBF	TBF (munites)	DISPONIBILITÉ	Objectif DISPONIBILITÉ	
			temps d'ouverture	Temps d'arrêt						
TUBE	TUBE 1		33	11280,00	1958	59,33	282,48	9322,00	82,64%	100%
	TUBE 2		45	11280,00	3487	77,49	173,18	7793,00	69,08%	100%
	TUBE 3		12	11280,00	1230	102,50	837,50	10050,00	89,10%	100%

Résultats du mois mars 2021 Parc Machines										
SERVICE	Machines	CODE	NBRE INT	TEMPS en minutes		MTTR	MTBF	TBF (munites)	DISPONIBILITÉ	Objectif DISPONIBILITÉ
				temps d'ouverture	Temps d'arrêt					
TUBE	TUBE 1		28	11280,00	1450,00	51,79	351,07	9830,00	87,15%	100%
	TUBE 2		45	11280,00	2140,00	47,56	203,11	9140,00	81,03%	100%
	TUBE 3		36	11280,00	1480,00	41,11	272,22	9800,00	86,88%	100%

Intitulé du processus: Ressources Matérielles

Résultats du mois Avril 2021 Parc Machines										
SERVICE	Machines	CODE	NBRE INT	TEMPS en minutes		MTTR	MTBF	TBF (munites)	DISPONIBILITÉ	Objectif DISPONIBILITÉ
				temps d'ouverture	Temps d'arrêt					
TUBE	TUBE 1		26	11280,00	2450,00	94,23	339,62	8830,00	78,28%	100%
	TUBE 2		32	11280,00	3250,00	101,56	250,94	8030,00	71,19%	100%
	TUBE 3		19	11280,00	2460,00	129,47	464,21	8820,00	78,19%	100%

Résultats du mois Mai 2021 Parc Machines										
SERVICE	Machines	CODE	NBRE INT	TEMPS en minutes		MTTR	MTBF	TBF (munites)	DISPONIBILITÉ	Objectif DISPONIBILITÉ
				temps d'ouverture	Temps d'arrêt					
TUBE	TUBE 1		19	11280,00	1596,00	84,00	509,68	9684,00	85,85%	100%
	TUBE 2		35	11280,00	2420,00	69,14	253,14	8860,00	78,55%	100%
	TUBE 3		26	11280,00	1754,00	67,46	366,38	9526,00	84,45%	100%

Résultats du mois Juin 2021 Parc Machines										
SERVICE	Machines	CODE	NBRE INT	TEMPS en minutes		MTTR	MTBF	TBF (munites)	DISPONIBILITÉ	Objectif DISPONIBILITÉ
				temps d'ouverture	Temps d'arrêt					
TUBE	TUBE 1		36	19770,00	2140,00	59,44	489,72	17630,00	89,18%	100%
	TUBE 2		43	19110,00	4874,00	113,35	331,07	14236,00	74,50%	100%
	TUBE 3		18	18540,00	4389,00	243,83	786,17	14151,00	76,33%	100%

Résultats du mois Juillet 2021 Parc Machines										
SERVICE	Machines	CODE	NBRE INT	TEMPS en minutes		MTTR	MTBF	TBF (munites)	DISPONIBILITÉ	Objectif DISPONIBILITÉ
				temps d'ouverture	Temps d'arrêt					
TUBE	TUBE 1		36	12080,00	1536,00	42,67	292,89	10544,00	87,28%	100%
	TUBE 2		43	12080,00	3120,00	72,56	208,37	8960,00	74,17%	100%
	TUBE 3		18	10280,00	2314,00	128,56	442,56	7966,00	77,49%	100%

Résultats du mois Aout 2021 Parc Machines										
SERVICE	Machines	CODE	NBRE INT	TEMPS en minutes		MTTR	MTBF	TBF (munites)	DISPONIBILITÉ	Objectif DISPONIBILITÉ
				temps d'ouverture	Temps d'arrêt					
TUBE	TUBE 1		25	12080,00	2465,00	98,60	384,60	9615,00	79,59%	100%
	TUBE 2		52	12080,00	2592,00	49,85	182,46	9488,00	78,54%	100%
	TUBE 3		21	10280,00	1963,00	93,48	396,05	8317,00	80,90%	100%

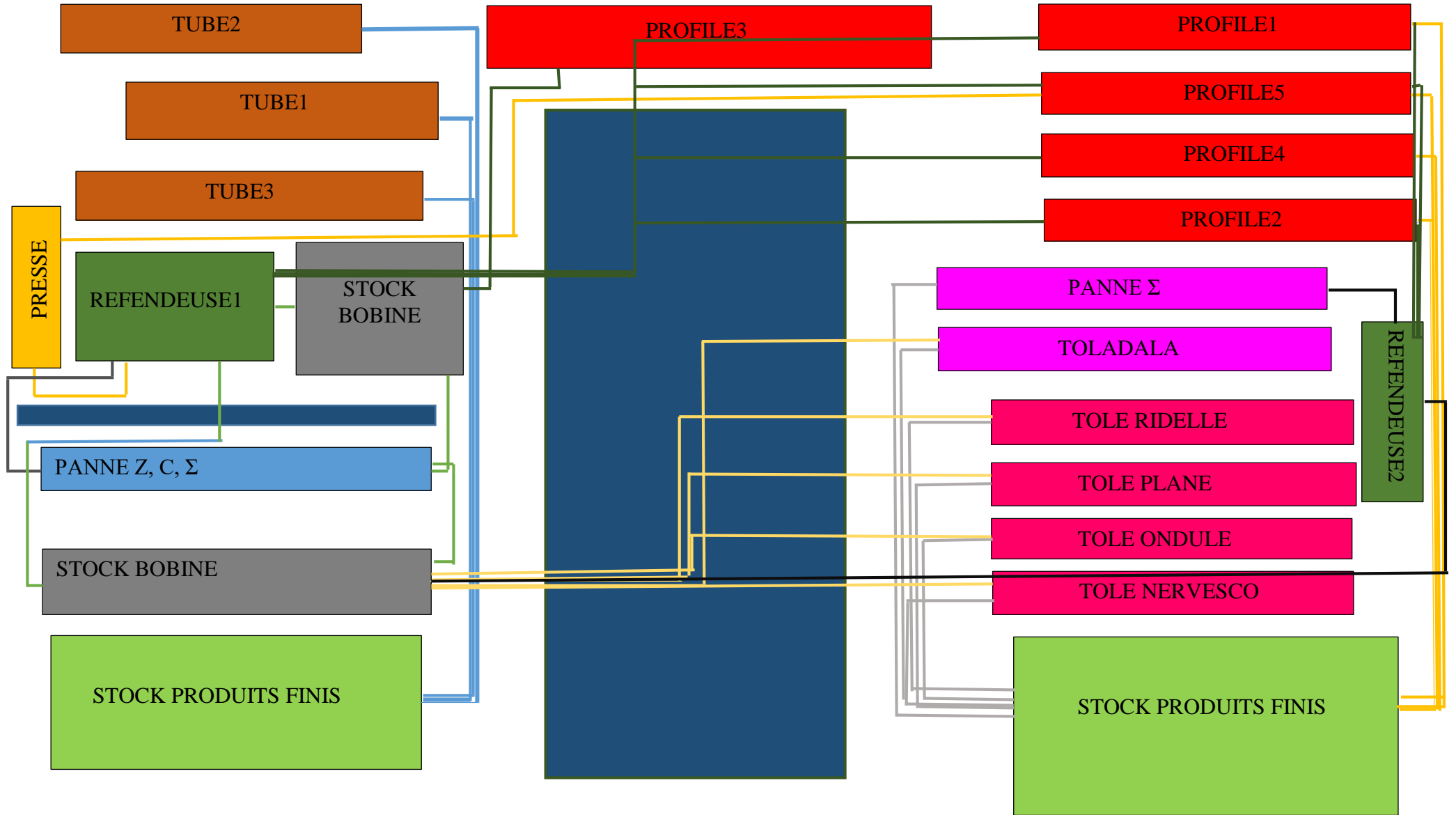
Résultats du mois Septembre 2021 Parc Machines										
SERVICE	Machines	CODE	NBRE INT	TEMPS en minutes		MTTR	MTBF	TBF (munites)	DISPONIBILITÉ	Objectif DISPONIBILITÉ
				temps d'ouverture	Temps d'arrêt					
TUBE	TUBE 1		26	11190,00	1436,00	55,23	375,15	9754,00	87,17%	100%
	TUBE 2		35	11190,00	2356,00	67,31	252,40	8834,00	78,95%	100%
	TUBE 3		45	11190,00	1785,00	39,67	209,00	9405,00	84,05%	100%

Résultats du mois Octobre 2021 Parc Machines										
SERVICE	Machines	CODE	NBRE INT	TEMPS en minutes		MTTR	MTBF	TBF (munites)	DISPONIBILITÉ	Objectif DISPONIBILITÉ
				temps d'ouverture	Temps d'arrêt					
TUBE	TUBE 1		27	11190,00	1985,00	73,52	340,93	9205,00	82,26%	100%
	TUBE 2		34	11190,00	2450,00	72,06	257,06	8740,00	78,11%	100%
	TUBE 3		23	11190,00	1965,00	85,43	401,09	9225,00	82,44%	100%

Résultats du mois Novembre 2021 Parc Machines										
SERVICE	Machines	CODE	NBRE INT	TEMPS en minutes		MTTR	MTBF	TBF (munites)	DISPONIBILITÉ	Objectif DISPONIBILITÉ
				temps d'ouverture	Temps d'arrêt					
TUBE	TUBE 1		28	21120,00	2689,00	96,04	658,25	18431,00	87,27%	100%
	TUBE 2		22	11280,00	3350,00	152,27	360,45	7930,00	70,30%	100%
	TUBE 3		16	21570,00	2958,00	184,88	1163,25	18612,00	86,29%	100%

Résultats du mois Décembre 2021 Parc Machines										
SERVICE	Machines	CODE	NBRE INT	TEMPS en minutes		MTTR	MTBF	TBF (munites)	DISPONIBILITÉ	Objectif DISPONIBILITÉ
				temps d'ouverture	Temps d'arrêt					
TUBE	TUBE 1		28	11280,00	1650,00	58,93	343,93	9630,00	85,37%	100%
	TUBE 2		35	11280,00	2458,00	70,23	252,06	8822,00	78,21%	100%
	TUBE 3		36	11280,00	1920,00	53,33	260,00	9360,00	82,98%	100%

ANNEXE 3 : Diagramme Spaghetti



Stage effectué à : SOFAFER FES



Mémoire de fin d'études pour l'obtention du Diplôme de Master Sciences et Techniques

Nom et prénom: Mellouli Nour-El Houda

Année Universitaire : 2021/2022

Titre: Optimisation de la ligne critique au sein de l'usine de SOFAFER par les méthodes d'amélioration

Résumé

Le niveau de la concurrence est devenu de plus en plus élevé obligeant la société SOFAFER à investir dans une recherche continue de possibilités d'amélioration de ses performances industrielles et ainsi son rendement afin d'assurer son évolution.

La finalité de ce projet est de proposer des solutions pour améliorer et optimiser la ligne de production critique identifiée après une mesure de TRS au sein de l'usine de SOFAFER, en s'appuyant sur les méthodes et outils proposés par les démarches d'amélioration de la performance (Lean, TPM et Six Sigma).

Pour cela nous avons suivi une démarche de conduite de projets d'amélioration en 5 étapes qui est DMAIC.

Notre étude s'est basée sur la détection de la ligne critique en mesurant le taux de rendement synthétique, et après avoir détecté la ligne critique nous avons évalué le niveau des 5S pour l'organisation de milieu de travail, et nous avons aussi analysé les données et extraites les modes de défaillances et leurs effets et leurs criticités par AMDEC afin d'élaborer un plan d'action (fiche de maintenance préventive et autonome)

Mots clés: Amélioration, défaillances, Lean, DMAIC, TRS, AMDEC, 5S, Plan de maintenance préventif.

Abstract

The level of competition has become increasingly high, forcing the company SOFAFER to invest in a continuous search for possibilities to improve its industrial performance and thus its yield in order to ensure its evolution.

The aim of this project is to propose solutions to improve and optimize the critical production line identified after a TRS measurement within the SOFAFER factory, based on the methods and tools proposed by the performance improvement approaches (Lean, TPM, and Six Sigma).

To do this, we followed a 5-step improvement project management approach, which is DMAIC.

Our study was based on the detection of the critical line by measuring the synthetic efficiency rate, and after having been able to detect the critical machine we evaluated the level of the 5S for the organization of the working environment, and we were also able to analyze the data and extract the failure modes and their effects and their criticalities by FMECA in order to develop an action plan (preventive and autonomous maintenance sheet)

Key words: Improvement, failures, Lean, DMAIC, TRS, 5S, Preventive maintenance plan.